

REPOLEN®



TUBERIA PARA EXTERIORES

TUBOS Y ACCESORIOS

DE POLIETILENO SOLDABLE POR POLIFUSIÓN Y ELECTROSOLDABLES

TUYAUTERIE POUR EXTÉRIEURS

TUBES et ACCESSOIRES

DE POLYÉTHYLÈNE SOUDABLE PAR POLIFUSIÓN ET ELECTROSOUDABLES

PIPES FOR EXTERIORS

PIPES AND FITTINGS

OF WELDABLE BY POLYFUSION AND ELECTROWELDABLE POLYETHYLENE



MANUAL TÉCNICO

MANUEL TÉCHNIQUE

TECHNICAL HANDBOOK

MARZO 2010

MARS 2010

2010, MARCH

SUMARIO / SOMMAIRE / CONTENTS

1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL POLIETILENO

1.1.- Introducción

Las unidades básicas de la estructura de los plásticos, se llaman monómeros.

La unión de muchas unidades de monómeros constituyen los polímeros, que tienen moléculas en forma de largas cadenas. Al proceso de unión de las unidades de monómeros, es decir, a la formación del polímero, se le denomina polimerización.

El Polietileno es un polímero obtenido por la polimerización del gas etileno: $CH_2=CH_2$, producto que se obtiene fundamentalmente del craqueo de la nafta del petróleo.

Las moléculas del polietileno no son perfectamente lineales, sino que están ramificadas. Dependiendo del proceso de polimerización utilizado, se obtendrán polietilenos con diferentes grados de ramificación en la estructura de las cadenas que constituyen las moléculas. El grado de ramificación y la longitud de las cadenas laterales influyen en las propiedades del material.

Las tuberías y accesorios REPOLEN® TUBERÍA PARA EXTERIORES, están fabricados en polietileno. Son inodoras, insípidas y atóxicas, lo que les hace ideales para la conducción de agua de consumo humano, y para todo tipo de instalación alimentaria.

Su escaso peso y densidad (entre 0'93 y 0'96), facilita su transporte y almacenamiento, soportando bajas temperaturas (hasta -20ºC) a la intemperie sin deteriorarse.

Presentan coloración en masa color negro humo, por lo cual REPOLEN® es estable frente a los rayos UV, ya que no logran atravesar el material, y ha demostrado su larga vida calculada en unos 50 años a temperatura media de 20ºC, sin acusar (ni causar) deterioro alguno.

Su terminación interior lisa (pulido espejo) impide la formación de incrustaciones en el interior de las tuberías y accesorios REPOLEN® y por ello, además, la pérdida de carga es muy inferior a la de otros materiales.

Resisten a los ácidos inorgánicos (clorhídrico, sulfúrico), álcalis, detergentes, rebajadores de tensión, aceites minerales y productos de fermentación y alimenticios.

Las tuberías REPOLEN® TUBERÍA NEGRA, son flexibles, lo cual acelera la instalación, al poder ser curvadas en frío, adaptándose a todas las irregularidades de paredes y suelos.

1.- CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU POLYÉTHYLÈNE

1.1.- Introduction

Les unités de base de la structure des matières plastiques sont appelées monomères.

L'assemblage de nombreuses unités de monomères forme des polymères. Ces polymères contiennent des molécules sous forme de longues chaînes. Le procédé d'assemblage des unités de monomères, c'est-à-dire la formation du polymère, est appelée polymérisation.

Le polyéthylène est un polymère obtenu par la polymérisation du gaz éthylène : $CH_2 = CH_2$, produit essentiellement obtenu grâce au craquage du naphta de pétrole.

Les molécules de polyéthylène ne sont pas parfaitement linéaires mais ramifiées. En fonction du processus de polymérisation mis en oeuvre, on obtient différents polyéthylènes selon le degré de ramification des chaînes constituant la molécules. Les propriétés du matériau sont dans la dépendance directe du niveau de ramification et de la longueur de ses chaînes latérales.

Les tubes et accessoires REPOLEN® TUBE POUR USAGE EXTÉRIEUR sont fabriqués en polyéthylène. Inodores, insipides et atoxiques, ils constituent d'excellentes canalisations d'eau potable ou à caractère alimentaire.

Légers et de faible densité (de 0,93 à 0,96), ils sont aisément transportés et stockés. Ils supportent sans s'endommager les basses températures de l'extérieur (jusqu' à -20º C).

Enduit de noir de fumée, REPOLEN® est stable face aux rayons UV qui ne peuvent pas traverser son matériau et fait preuve d'une durée de vie utile de 50 ans à une température moyenne de 20º C sans subir (ni occasionner) de dommages.

Les tubes et accessoires REPOLEN® bénéficient d'une finition intérieure lisse (polissage miroir) évitant la formation d'incrustations. Par conséquent, leur perte de charge est très inférieure à celle des canalisations en autres matériaux.

Ils sont également résistants aux acides inorganiques (acide chlorhydrique, acide sulfurique), aux alcalis, aux détergents, aux abaisseurs de contrainte, aux huiles minérales et aux fermenteurs et aux produits alimentaires.

Souple, susceptible d'être courbé à froid, REPOLEN® TUBE NOIR vous permet une pose accélérée en s'adaptant à toutes les irrégularités des murs et sols.

1.- POLYETHYLENE GENERAL PROPERTIES

1.1 .-Introduction

The basic units of plastics structure are called monomers.

The union of many monomers makes up the polymers, which have molecules in the shape of long chains. The monomer union process, that is, the formation of the polymer, is called polymerisation.

Polyethylene is a polymer obtained by the polymerisation of ethylene gas: $CH_2 =CH^2$ product prepared mainly by petroleum naphtha cracking.

Polyethylene molecules are not 100% linear, they have branches. Depending on the polymerisation process used, the resulting polyethylene may have different branching degrees in the chain structure that constitutes the molecules. The branching degree and the length of the lateral chains determine the properties of the material.

REPOLEN® OUTSIDE PIPES and fittings are made of polyethylene. They are odourless, tasteless and non-toxic, which makes them ideal for conveying water for human consumption and for any type of food installation.

Due to their light weight and low density (between 0.93 and 0.96) they can be easily transported and stored, as they withstand low temperatures (up to –20º C) when exposed to the elements.

Their colour in bulk is smoky black, which makes REPOLEN® stable under UV rays, as they cannot pass through the material. Its long life has been tested and calculated to be around 50 years at an average temperature of 20º C without suffering (or causing) any deterioration.

Their smooth internal finish (mirror finish polishing) prevents the formation of incrustations inside the REPOLEN® pipes and fittings, and so they achieve a much lower load loss than other materials.

They are resistant to inorganic acids (hydrochloric, sulphuric), alkalis, detergents, tension depressants and mineral oils as well as fermentation and food products.

As REPOLEN® BLACK PIPES are flexible, they can be bent when cold and adapted to any irregularity in walls and floors, which speeds up installation.

1.2.- Tipos de polietileno

El polietileno cristaliza al enfriar la masa fundida. La cadenas moleculares largas se ordenan en subsectores plegados en cristalitas muy diminutas unidas a través de sectores amorfos, formando macroestructuras denominadas esferolitos.

La cristalización resulta tanto más efectiva cuanto más cortas son las cadenas y menor su grado de ramificación. El componente cristalino presenta mayor densidad que el amorfo. Según la proporción de cristalita ("grado de cristalinidad") se obtienen diferentes densidades, por lo que se establecen tres tipos de polietileno.

Polietileno de baja densidad
Con una densidad de 0.915 g/cm^3 a 0.930 g/cm^3 y un grado de cristalinidad del 40% a 55%. También se le denomina blando o de alta presión, porque se obtiene en reactores que trabajan a elevadas presiones (hasta 1000atm.).

Polietileno de alta densidad
Con una densidad de 0.940 g/cm^3 a 0.965 g/cm^3 y un grado de cristalinidad que varía del 60% al 80%. También se le denomina duro o de baja presión porque se obtiene en reactores que trabajan a una presión mucho menor que los anteriores (de 30 a 40 atm).

Polietileno de media densidad
Con una densidad de 0.930g/cm^3 a 0.940g/cm^3 y un grado de cristalinidad del 50% al 60%.

Las propiedades del polietileno dependen mayormente de la densidad, del peso molecular (longitud de las cadenas) y la distribución de los pesos moleculares.

1.2.- Types de polyéthylène

Le polyéthylène cristallise grâce au refroidissement de l'état fondu.

Les longues chaînes moléculaires s'organisent en arrangements de minuscules cristallites qui sont connectées à travers la phase amorphe en formant des macrostructures nommées sphérolites.

La cristallisation est d'autant plus efficace que les chaînes sont courtes et le degré de ramification réduit. La phase cristalline présente une plus forte densité que la phase amorphe. Différents taux de densité sont obtenus en fonction du taux de cristallinité, ce qui nous permet de définir trois types de polyéthylène :

Polyéthylène basse densité
D'une densité de 0,915 g/cm^3 à 0,930 g/cm^3 et un taux de cristallinité de 40 à 55%. Il est aussi dénommé polyéthylène souple ou haute pression parce qu'il est obtenu par un procédé ayant lieu dans un réacteur à haute pression (jusqu'à 1000 atm).

Polyéthylène haute densité
D'une densité de 0,940 g/cm^3 à 0,965 g/cm^3 et un taux de cristallinité de 60 à 80%. Il est aussi dénommé polyéthylène dur ou basse pression parce qu'il est obtenu par un procédé ayant lieu dans un réacteur dont la pression est beaucoup moins élevée (30 à 40 atm).

Polyéthylène moyenne densité
D'une densité de 0,930 g/cm^3 à 0,940 g/cm^3 et un taux de cristallinité de 50 à 60%.

Les propriétés du polyéthylène dépendent principalement de la densité, du poids moléculaire (longueur des chaînes) et de la distribution des poids moléculaires.

1.2.- Types of polyethylene

Polyethylene crystallizes when the melt mass becomes cold. Long molecular chains arrange themselves into sub sectors folded into very small crystals that are joined by amorphous sectors, thus forming macrostructures called spherulites.

The shorter the chains and the lower their branching degree the more effective the crystallization is. The density of the crystalline component is higher than that of the amorphous one. Depending on the crystallinity degree, different densities can be obtained, and therefore three types of polyethylene:

Low density polyethylene
It has a density in the range of 0.915 – 0.930 g/cm^3; and a crystallinity in the range of 40-50%. It is also known as soft or high-pressure polyethylene, as it is obtained in reactor vessels that work at very high pressure (up to 1000 Atm.).

High density polyethylene
It has a density in the range of 0.940 – 0.965 g/cm^3; and a crystallinity in the range of 60% - 80%. It is also called hard or low-pressure polyethylene, as it is obtained in reactor vessels that work at a much lower pressure than the previous ones (30-40 Atm.).

Medium density polyethylene
It has a density in the range of 0.930 – 0.940 g/cm^3; and a crystallinity in the range of 50-60%.

Polyethylene's properties depend mainly on its density, molecular weight (length of the chains) and the distribution of the molecular weights.

Tabla 1: Tipos de polietileno

BAJA DENSIDAD - BASSE DENSITÉ - LOW DENSITY	MEDIA DENSIDAD - MOYENNE DENSITÉ - MEDIUM DENSITY	ALTA DENSIDAD - HAUTE DENSITÉ - HIGH DENSITY
Moléculas muy ramificadas Molécules très ramifiées Very branched molecules	Moléculas poco ramificadas Molécules peu ramifiées Slightly branched molecules	Moléculas muy poco ramificadas Molécules très peu ramifiées Very slightly branched molecules
Cristalinidad 40-55% Aproximadamente Cristallinité : 40-55 % environ Crystallinity 40-55 % Approximately	Cristalinidad 50-60% Aproximadamente Cristallinité : 50-60 % environ Crystallinity 50-60 % Approximately	Cristalinidad 60-80% Aproximadamente Cristallinité : 60-80 % environ Crystallinity 60-80 % Approximately
Densidad / Densité / Density: 0'915-0'930 g/cm^3	Densidad / Densité / Density: 0'930-0'940 g/cm^3	Densidad / Densité / Density: 0'940-0'965 g/cm^3
Los índices de fluidez usados para tuberías son del orden de 0,2 g/10 min. bajo carga de 2'16 kg. Les indices de fluidité employés pour les tubes sont de l ordre de 0,2 g/10 mn sous une charge de 2,16 kg. Flow rates used for pipes are around 0.2 g/10 mn under a load of 2.16 kg.		
Proceso ICI alta presión > 1000 atm Procédé ICI haute pression > 1000 atm ICI process, high pressure > 1000 Atm.	Procesos Ziegler, Philips, baja presión, 30-40 atm Processus Ziegler, Phillips, sous pression, 30-40 atm Ziegler and Phillips processes, low pressure 30-40 Atm.	

1.3.- Características fisico-mecánicas del polietileno

1.3. 1.- INTRODUCCIÓN

Como se ha dicho anteriormente las características estructurales del polietileno afectan a sus propiedades físicas tales como la densidad, peso molecular y distribución de los pesos moleculares.

A medida que aumenta la densidad, aumenta el porcentaje de la parte cristalina, y también lo hacen:

- La Resistencia a la tracción
- El Módulo de elasticidad (rigidez)
- La Dureza
- La resistencia a los disolventes
- La impermeabilidad a gases y vapores

Por el contrario, disminuyen:

- La Resistencia al impacto
- La translucidez
- El agrietamiento por tensión

Como ya se ha indicado los polímeros tienen moléculas en forma de largas cadenas, así que en cierto modo el peso molecular es una medida de la longitud de esas cadenas. Cuanto mayor es el peso molecular mayor es la resistencia a la tracción y a la presión interna, pero menor es la fluidez de la masa fundida.

Las macromoléculas de un termoplástico determinado presentan diferencias en cuanto a la longitud de la cadena, resultando de ello una distribución más o menos amplia del peso molecular, ajustándose dicha distribución a la curva de campana o de Gauss.

Se puede hablar de distribuciones anchas y estrechas. Cuando la distribución es ancha, mejora la procesabilidad (fluidez de la masa fundida) y la resistencia a la fisuración. Las cadenas cortas actúan como lubricantes de las largas durante la extrusión del tubo. Las cadenas cortas, sin embargo, disminuyen las propiedades físicas. Por lo tanto es necesario un equilibrio de unas y de otras.

El polietileno de alta densidad (baja presión), de distribución cerrada, con menor porcentaje de bajo peso molecular, es más resistente al impacto, incluso a bajas temperaturas, que el de distribución más amplia, dentro de los mismos márgenes de índice de fusión y viscosidad. A su vez, los tipos de amplio margen de peso molecular se transforman con mayor facilidad.

Como conclusión se podría decir que las propiedades exigidas a la materia prima para tubería de polietileno son las intrínsecas del tipo de polietileno, que vienen dadas por el proceso de fabricación y que son consecuencia de un equilibrio, óptimo para cada grado de polietileno, entre el peso molecular (expresado por el índice de fluidez), la distribución del peso molecular (expresado por la facilidad de transformación) y la cristalinidad (expresada por la densidad).

1.3.- Caractéristiques physiques et mécaniques du polyéthylène

1.3.1.- INTRODUCTION

Les caractéristiques structurelles du polyéthylène, nous l'avons vu, n'altèrent pas ses propriétés physiques, telles la densité, le poids moléculaire ou la distribution des poids moléculaires.

Plus la densité est élevée, plus le taux de cristallinité est fort et il en va de même pour :

- La résistance à la traction
- Le module d'élasticité
- La dureté
- La résistance aux solvants
- L'imperméabilité aux gaz et vapeurs

En revanche, on observe une diminution de :

- La résistance aux chocs
- La translucidité
- La fissuration sous contrainte

Les polymères sont constitués de molécules en longues chaînes. Le poids moléculaire peut ainsi faire office d'étalon de la longueur de ces chaînes.

Plus le poids moléculaire est lourd, plus la résistance à la traction et à la pression interne sont élevées et moins l'état fondu est fluide.

Les macromolécules d'un thermoplastique présentent des chaînes dont les longueurs diffèrent. Il en résulte une distribution plus ou moins large des poids moléculaires qui correspond à la distribution de la courbe ou cloche de Gauss.

Deux types de distribution peuvent être mentionnés: distribution large et distribution étroite. Lorsqu'elle est large, la processabilité (fluidité de l'état fondu) et la résistance à la fissuration en sont augmentées. Les chaînes moléculaires courtes tiennent lieu de lubrifiants des longues lors de l'extrusion du tube. Les chaînes courtes font toutefois diminuer les propriétés physiques, un équilibre entre les chaînes longues et les courtes se révélant nécessaire.

À égalité des limites des indices de fusion et de viscosité, le polyéthylène haute densité (basse pression), à distribution étroite et dont le taux de bas poids moléculaire est inférieur, se révèle plus résistant aux chocs, même à de basses températures, que le polyéthylène à large distribution. Les polyéthylènes à large marge de poids moléculaire, quant à eux, sont plus faciles à transformer.

En guise de conclusion, les propriétés de chaque type de polyéthylène sont déterminées par le procédé de fabrication et résultent d'un équilibre optimal, pour chaque nature de polyéthylène, entre le poids moléculaire (exprimé par l'indice de fluidité), la distribution du poids moléculaire (exprimé par la facilité de transformation) et la cristallinité (exprimée par la densité).

1.3.- Polyethylene physical and mechanical properties

1.3.1.-INTRODUCTION

As stated before, the structural properties of polyethylene affect its physical properties, such as density, molecular weight and distribution of molecular weights.

As density increases, so does the crystalline percentage and with it:

- Tensile strength
- Tensile modulus (stiffness)
- Hardness
- Resistance to solvents
- Impermeability to gases and vapours

On the other hand, the following decrease:

- Impact strength
- Translucence
- Stress cracking

As indicated before, polymers have molecules that form long chains, so to some extent the molecular weight is a measure of the length of those chains. The higher the molecular weight the higher the tensile strength and the resistance to internal pressure, but the lower the melt mass flow rate.

Macromolecules in a particular thermoplastic have different chain lengths and therefore a wider or narrower distribution of molecular weight, a distribution that fits the bell or Gauss curve.

There are wide and narrow distributions. When there is a wide distribution, the material is easier to process (better melt mass flow rate) and the crazing strength is better. Short chains act as lubricants of the long ones during the extrusion of the tube. Short chains, however, reduce the physical properties. Therefore, there must be a balance between them.

High density polyethylene (low pressure), which has a closed distribution and a lower percentage of low molecular weight, is more impact resistant, even at low temperatures, than the wider distribution polyethylene within the same margins of melting and viscosity indexes. Also, polyethylene with a wide margin of molecular weight is easier to transform.

The conclusion could be that the properties of the raw material for polyethylene pipes are those intrinsic to the type of polyethylene, which is determined by the manufacturing process and result from an optimum balance for each grade of polyethylene, between the molecular weight (represented by the flow rate), the distribution of molecular weight (represented by how easy the transformation is) and the crystallinity (represented by the density).

Tabla 2

CARACTERISTICAS - CARACTÉRISTIQUES - PROPERTIES	UNIDAD -UNITÉ-UNIT	METODO DE ENSAYO - MÉTHODE D''D5ESSAI - TESTING METHOD	PE80 negro-noir-black	PE100 negro-noir-black
Densidad a 23ºC - Densité à 23ºC - Density at 23ºC	g/cm³	ISO 1183	0’947	0’960
Indice de viscosidad J Indice de viscosité J Viscosity index J	cm³/g	ISO 1628-3	290	360
Indice de fluidez MFR 190/2,16 - Indice de fluidité MFR 190/2,16 Melt flow rate (MFR) 190/2.16	g/10 min	ISO 1133	---	0,1
Indice de fluidez MFR 190/5 - Indice de fluidité MFR 190/5 Melt flow rate (MFR) 190/5	g/10 min	ISO 1133	0,85	< 0,4
Esfuerzo en el límite convencional de elasticidad Contrainte dans la limite conventionnelle d’élasticité Tensile strength	N/mm²	ISO 527-2 50mm/min	19	25
Alargamiento bajo esfuerzo en el límite convencional de elasticidad Allongement sous contrainte dans la limite conventionnelle d’élasticité Elongation at break	%	ISO 527-2 50mm/min	> 500	> 600
Módulo de flexión Module de flexion Flexural modulus	MPa	ISO 527-2	750	1100
Dureza por penetración a la bola Dureté par pénétration à la boule Hardness by ball penetration method	N/mm²	ISO 2039-1 132 N	33	45
Dureza Shore D, - Dureté Shore D, - Hardness, Shore D	-	ISO 868	55	60
Resistencia al impacto en probeta entallada (Charpy) 0ºC Résistance au choc sur éprouvette entaillée (Charpy) 0ºC Impact strength with notched specimen (Charpy) 0ºC	kJ/m²	ISO 179/1 e A	6	16
Temperatura de reblandecimiento Température de ramollissement A50(10N) Softening temperature	ºC	ISO 306	66	119
Tiempo de inducción a la oxidación a 210 ºC Stabilité à l’oxydation à 210ºC Time of induction to oxidation at 210ºC	min	UNE EN 728	> 20	> 20
Contenido en agua - Teneur en eau - Water content	mg/kg	DIN 53175	< 300	< 200
Contenido en negro de humo Teneur en noir de carbone - Smoky black content	%	ISO 6964	2,3±0,2	2,3±0,2
Dispersión en pigmento o negro de humo Dispersion du pigment ou noir de carbone Dispersion in pigment or smoky black	Nota Note Note	ISO CD 11420	≤ 3	≤ 3
Valor límite de olor - Valeur limite de l’odeur - Odour limit value	Nota, Note, Note	TZW, Karlsruhe	≤ 1,5	≤ 1,5

1.3.3.- COMPORTAMIENTO EN EL TIEMPO DE LAS TUBERIAS DE PE

Introducción

Las tuberías y accesorios REPOLEN® por estar fabricados en polietileno, que es un material viscoelástico, presenta la característica de plastodeformarse en el tiempo (como sucede con todos los termoplásticos). Ello significa que se deforman ligeramente incluso a temperatura ambiente y bajo una carga relativamente reducida. Cuando deja de actuar ésta, las piezas recuperan su forma original más o menos, en función de la magnitud de la carga y del tiempo durante el cual ha actuado. La deformación recuperable corresponde al componente elástico, y la permanente al plástico.

Está claro, pues, que el comportamiento mecánico de un plástico depende del tiempo, la temperatura y el esfuerzo.

Para dimensionar correctamente piezas de construcción, deben dividirse los parámetros que lo definen por un coeficiente de seguridad, obtenido mediante ensayos mecánicos de larga duración.

Comportamiento frente a una tensión monoaxial permanente.

Cabe distinguir entre el ensayo de retardación y el de relajación.

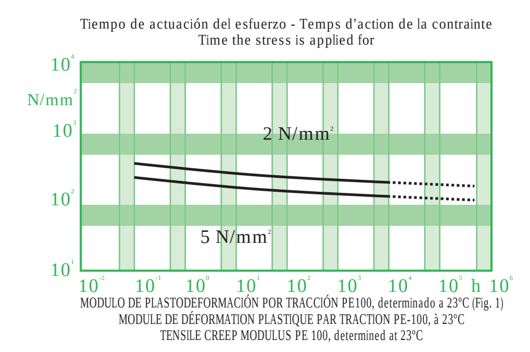
Retardación (o plastodeformación)

En este tipo de ensayo se mide el llamado módulo de plastodeformación con la fórmula:

$$E_c(t) = \frac{\sigma}{\varepsilon(t)}$$

Siendo σ = tensión constante preestablecida ε (t) = la deformación que progresa en función del tiempo (curva de alargamiento).

Es interesante señalar que los módulos de plastodeformación a tracción y a compresión son similares, y que es conveniente recurrir a ellos, cuando se quiere dimensionar piezas que deban soportar durante períodos prolongados una tensión constante.



MODULO DE PLASTODEFORMACIÓN POR TRACCIÓN PE100, determinado a 23°C (Fig. 1)
MODULE DE DÉFORMATION PLASTIQUE PAR TRACTION PE-100, à 23°C
TENSILE CREEP MODULUS PE 100, determined at 23°C

1.3.3.- COMPORTEMENT DES TUBES EN PE AU COURS DU TEMPS

Introduction

Fabriqués en polyéthylène, matériau viscoélastique, les tubes et accessoires REPOLEN® présentent la caractéristique de la déformation plastique dans le temps. Il en est de même de tous les matériaux thermoplastiques. En effet, ceux-ci se déforment légèrement même à température ambiante et sous une charge relativement faible. Lorsque l'action de cette charge cesse, les pièces récupèrent à peu près leur forme originale, en fonction de sa lourdeur et de son temps d'action. La déformation réversible est liée à la phase élastique, la déformation permanente a trait à la phase plastique.

Aussi, il est évident que le comportement mécanique d'un matériau plastique est fonction du temps, de la température et de la contrainte exercée.

Pour bien dimensionner les pièces objet de l'installation, les paramètres qui définissent ce comportement doivent être divisés par un coefficient de sécurité obtenu grâce à des essais mécaniques effectués sur de longues périodes.

Comportement face à une contrainte monoaxiale permanente.

Il y a lieu de distinguer entre l'essai de déformation plastique et l'essai de relaxation.

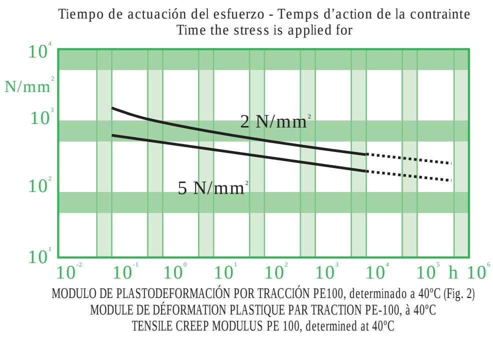
Essai de déformation plastique

La déformation plastique est mesurée par la formule :

$$E_c(t) = \frac{\sigma}{\varepsilon(t)}$$

Où σm = contrainte constante prédéterminée, ε (t) = déformation progressant en fonction du temps (courbe d'allongement).

Il est intéressant de souligner que les modules de déformation plastique par traction et par compression sont similaires et il convient de les employer lorsque l'on veut dimensionner des pièces qui devront supporter une contrainte constante durant des périodes prolongées.



MODULO DE PLASTODEFORMACIÓN POR TRACCIÓN PE100, determinado a 40°C (Fig. 2)
MODULE DE DÉFORMATION PLASTIQUE PAR TRACTION PE-100, à 40°C
TENSILE CREEP MODULUS PE 100, determined at 40°C

1.3.3.- PE PIPES BEHAVIOUR OVER TIME

Introduction

As REPOLEN® pipes and fittings are made of polyethylene, which is a viscoelastic material, they deform (creep) over time (like any other thermoplastic). This means that they deform slightly even at room temperature and under a relatively low load. When this load is removed, the pieces partly recover their original shape, depending on the magnitude of the load and how long the pieces have been subjected to it. The recoverable deformation corresponds to the elastic component, and the permanent deformation, to the plastic component.

Therefore, the mechanical behaviour of a plastic is determined by time, temperature and stress.

To measure construction pieces correctly, the parameters that define them must be divided by a safety factor obtained through long-term mechanical tests.

Behaviour under a permanent monoaxial stress.

There are two types of tests: creep and relaxation.

Creep

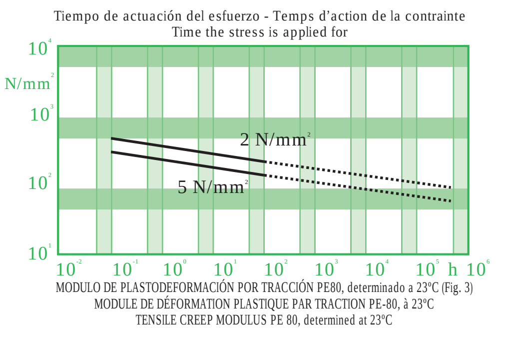
The purpose of this type of test is to measure the creep modulus using the following formula:

$$E_c(t) = \frac{\sigma}{\varepsilon(t)}$$

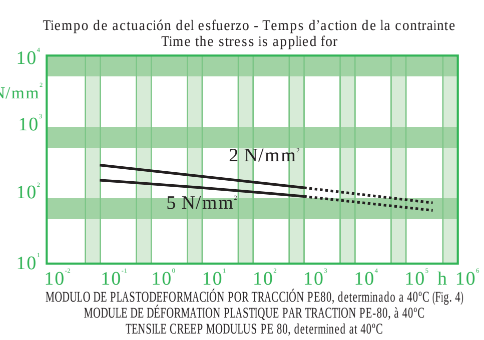
Where σ = preset constant stress.

ε (t) = deformation that progresses over time (elongation curve)

It is important to point out that tensile and compression creep modulus are similar, and that it is advisable to use them when measuring the pieces that are going to support a constant stress over a long period of time.



MODULO DE PLASTODEFORMACIÓN POR TRACCIÓN PE80, determinado a 23°C (Fig. 3)
MODULE DE DÉFORMATION PLASTIQUE PAR TRACTION PE-80, à 23°C
TENSILE CREEP MODULUS PE 80, determined at 23°C



MODULO DE PLASTODEFORMACIÓN POR TRACCIÓN PE80, determinado a 40°C (Fig. 4)
MODULE DE DÉFORMATION PLASTIQUE PAR TRACTION PE-80, à 40°C
TENSILE CREEP MODULUS PE 80, determined at 40°C

Relajación

En este tipo de ensayo se mide el llamado módulo de relajación según la fórmula:

$$E_r(t) = \frac{\sigma(t)}{\varepsilon}$$

Siendo ε = deformación constante preestablecida.

La tensión σ (t) disminuye en función del tiempo.

La medición se lleva a cabo bajo tracción monoaxial en el ensayo de relajación de tensiones según DIN 53441.

El módulo de relajación depende no solo de la temperatura y del tiempo, sino también del alargamiento existente en cada caso. Conviene recurrir al módulo de relajación en el caso de dimensionar piezas que deban estar sometidas durante periodos prolongados a un alargamiento o a una compresión constante.

Comportamiento frente a una tensión multiaxial permanente.

Un estado de tensión multiaxial permanente deben soportarlo, por ejemplo, los tubos que transportan fluidos a presión.

Parece que el comportamiento frente a ello del polietileno es excelente. Los municipios y las ciudades suelen exigir una vida útil mínima de 50 años a las conducciones de agua potable.

En las tuberías de plástico sometidas a una determinada presión interior, hay que tener en cuenta que su resistencia depende de la temperatura y del tiempo.

Lógicamente, aún no se dispone de ningún resultado sobre ensayos de 50 años de duración, ya que entonces no existía el PE de alta densidad ni el PE de media densidad. Sin embargo, se puede preveer una vida útil de 50 años a 20 ºC.

1.3.4.- COMPORTAMIENTO A ALTA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN

Los ensayos a los que se ha sometido el PE de flexión y tracción bruscos, dan idea de la tenacidad de este material.

Resistencia al impacto y al impacto con entalladura

Por su bajísima temperatura de transición vítrea (de - 110 a - 120 ºC), el PE es muy resistente al impacto, incluso a bajas temperaturas. La tenacidad del PE, depende sobre todo de la cristalinidad (densidad), del peso molecular y de la distribución de este último.

A medida que aumenta el peso molecular y disminuye la amplitud de la distribución del mismo, se incrementa la tenacidad, la cual disminuye inversamente a la densidad.

La figura 5 muestra la influencia de la temperatura sobre la resistencia al impacto con entalladura según ISO 179 del PE destinado a la fabricación de las tuberías REPOLEN®

Relaxation

Le dénommé module de relaxation est mesuré grâce à la formule ci-après:

$$E_r(t) = \frac{\sigma(t)}{\varepsilon}$$

Où ε = déformation constante prédéterminée.

La contrainte σ (t) diminue en fonction du temps.

La mesure est effectuée sous une traction monoaxiale à l'essai de relaxation des contraintes, conformément à la norme DIN 53441.

Le module de relaxation dépend non seulement des facteurs température et temps mais aussi de l'allongement présent dans chaque cas. Il convient d'employer le module de relaxation lorsque l'on dimensionne des pièces qui devront être soumises à un allongement ou à une pression constante durant des périodes prolongées.

Comportement face à une contrainte multiaxiale permanente.

Un état de contrainte multiaxiale permanente doit être supporté par exemple par des tubes qui transportent des fluides sous pression.

Les performances du polyéthylène à cet égard sont excellentes. Les communes et les villes exigent généralement une durée de vie utile d'au moins 50 ans pour les canalisations d'eau potable.

Dans le cas des tubes en plastique soumis à une certaine pression interne, il faut prendre en considération que leur résistance est fonction de la température et du temps.

Il vans sans dire que l'on ne dispose pas encore de résultats issus d'essais effectués sur une période de 50 ans, l'existence du PE haute densité et moyenne densité n'étant que bien plus récente. Toutefois, une durée de vie utile de 50 ans à 20ºC peut être escomptée pour ces matériaux.

1.3.4.- COMPORTEMENT À HAUTE VITESSE DE DÉFORMATION

Les résultats obtenus aux essais de flexion et traction brusques auxquels s'est vu soumettre le PE nous montrent à quel point ce matériau est tenace.

Résistance au choc et au choc avec entaillement

Grâce à sa très basse température de transition vitreuse (de –110ºC à –120ºC), le PE présente une grande résistance au choc, même à de basses températures. La ténacité du PE dépend en premier lieu de la cristallinité (densité), du poids moléculaire et de la distribution de ce dernier.

Plus le poids moléculaire augmente et la largeur de sa distribution est faible, plus la ténacité est élevée, cette dernière étant inversement proportionnelle à la densité.

La figure 5 montre l'influence de la température sur la résistance au choc sur tube entaillé, conformément à la norme ISO 179 du PE destiné à la fabrication des tubes REPOLEN®.

Relaxation

The purpose of this type of test is to measure the relaxation modulus using the following formula:

$$E_r(t) = \frac{\sigma(t)}{\varepsilon}$$

Where ε = preset constant deformation

Stress σ (t) decreases with time.

During the stress relaxation test according to DIN 53441, the measurement is carried out under a monoaxial stress.

The relaxation modulus is not only determined by temperature and time, but also by the elongation present in each case. It is advisable to use the relaxation modulus when measuring pieces that are going to be subjected to elongation or to a permanent load over long periods of time.

Behaviour under a permanent multiaxial stress

Tubes that convey fluids under pressure, for example, must be able to withstand permanent multiaxial stress.

The behaviour of polyethylene in that sense appears to be excellent. Villages and towns usually demand a minimum service life of 50 years for drinking water pipes.

Bear in mind that the strength of pipes subjected to a certain internal pressure depends on temperature and time.

Obviously, there are no results available from 50-year long tests, as neither high nor medium density PE has existed this long. Nevertheless, a 50-year service life can be forecast at 20ºC.

1.3.4.- BEHAVIOUR AT HIGH SPEED DEFORMATION

PE has been subjected to sudden tensile and flexural tests that give an idea of the tensile strength of this material.

Impact strength versus notched impact strength

As it has a very low glass transition temperature (from -100 to - 120ºC), PE has very high impact strength, even at low temperatures. The tensile strength of PE depends mainly on its crystallinity (density), molecular weight and distribution of the molecular weight.

The higher the molecular weight, the lower its distribution and the higher the tensile strength, which is inversely proportional to density.

Figure 5 shows how the notched impact strength of the PE used to manufacture REPOLEN® pipes is affected by temperature according to ISO 179.

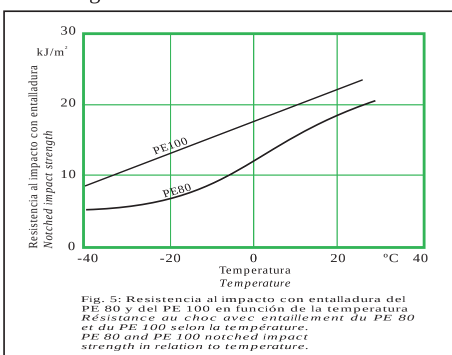


Fig. 5: Resistencia al impacto con entalladura del PE 80 y del PE 100 en función de la temperatura
Résistance au choc avec entaillement du PE 80 et du PE 100 selon la température.
PE 80 and PE 100 notched impact strength in relation to temperature.

1.3.5.- PERMEABILIDAD A LOS GASES DE LAS TUBERIAS DE PE

La permeación de gases a través de paredes de plástico, tiene lugar según la 1ª Ley de Fick que, para tubos es:

$$V = P \frac{\pi \cdot d \cdot L \cdot p \cdot t}{e}$$

siendo:

V: Coeficiente de gas permaneado [cm³ (NTP)]

NTP= volumen referido a temperatura 23º C y presión normalizada 1 bar

P: Coeficiente de permeación [cm³ (NTP)/m · bar= día)]

d: Diámetro exterior del tubo [mm]

L: Longitud del tubo [mm]

p: Presión parcial del gas en el tubo [bar]

t: Tiempo [días]

s: Grueso de pared del tubo [mm]

Como es lógico, el coeficiente de permeación depende del tipo de plástico y del gas. En el polietileno también influye su densidad básica.

Para el gas metano, se detectan en el polietileno las siguientes pérdidas de gas:

para una tubería PE serie PN 10 (SDR d/s = 11), bajo 4 bares de sobrepresión (esto es, con 5 bares de presión parcial), sufrirá la siguiente pérdida anual por Km, de longitud

$$V = 0{,}056 \frac{cm^3}{m \cdot bar \cdot Tag} \cdot \pi \cdot 11 \cdot 1000 \cdot 5 \cdot 365$$

$= 3{,}5 \cdot 106\ cm^3 \quad = 3{,}5\ m^3$

Puesto que el gas natural consta en un 90% de metano, y el resto de sus componentes tiene un comportamiento similar, se considera al metano referencia para el cálculo de pérdidas de gas (cuyo valor es considerado despreciable en el PE).

Según la fórmula anterior la permeación por unidad de longitud es idéntica en todas las tuberías previstas para la misma presión, por ser constante su relación diámetro/ grueso de pared.

Tabla 5: Coeficientes de permeación correspondientes a tuberías de polietileno
Coefficients de perméation se rapportant aux tubes en polyéthylène
Permeance coefficients of polyethylene pipes

SUBSTANCIA - SUBSTANCE *SUBSTANCE*	$P\left[\frac{cm^3}{m \cdot bar \cdot Tag}\right]$
Nitrógeno - Azote - Nitrogen	0,018
Aire - Air - Air	0,029
Monóxido de carbono - Monoxyde carbone - Carbon monoxide	0,036
Gas natural - Gaz naturel - Natural gas	0,056
Metano - Méthane - Methane	0,056
Argón - Argon - Argon	0,066
Oxígeno - Oxygène - Oxygen	0,072
Etano - Ethane - Ethane	0,089
Helio - Hélium - Helium	0,15
Hidrógeno - Hydrogène - Hydrogen	0,22
Dióxido de carbono - Dioxyde de carbone - Carbon dioxide	0,28
Dioxido de azufre - Dioxyde de soufre - Sulphur dioxide	0,43

1.3.6.- COMPORTAMIENTO FRENTE A LA ACCIÓN DE LAS LLAMAS

La combustibilidad del polietileno es normal (es un material de construcción de categoría B2, según DIN 4102), prende al aplicar llama directa, arde con llama poco brillante y desprende gotas de material inflamado.

Como ocurre con los hidrocarburos, desprende CO, CO_2 y agua, pero sin residuos corrosivos o perjudiciales para el medio ambiente. Su temperatura de inflamación es 340 ºC.

1.3.5.- PERMÉABILITÉ AUX GAZ DES TUBES EN POLYÉTHYLÈNE

La perméation de gaz à travers des parois en plastique a lieu selon la 1ère loi de Fick qui dans le cas des tubes prend la forme suivante :

$$V = P \frac{\pi \cdot d \cdot L \cdot p \cdot t}{e}$$

où :

V: coefficient de gaz perméabilisé [cm³ (NTP)]

NTP = volume pour une température de 23ºC et une pression standardisée d'un bar

P: coefficient de perméation [cm³ (NTP)/m · bar = jour)]

d: diamètre extérieur du tube [mm]

L: longueur du tube [mm]

p: pression partielle du gaz sur le tube [bar]

t: temps [jours]

s: épaisseur de la paroi du tube [mm]

Bien évidemment, le coefficient de perméation est fonction du type de plastique et du gaz. S'agissant du polyéthylène, sa densité de base est aussi à prendre en compte.

Lors de la canalisation du méthane à travers des tubes en polyéthylène, les pertes de gaz suivantes sont constatées:

un tube PE série PN 10 (SDR d/s = 11), sous 4 bars de surpression (soit 5 bars de pression partielle) éprouve la perte annuelle suivante en termes de km de longueur :

$$V = 0{,}056 \frac{cm^3}{m \cdot bar \cdot Tag} \cdot \pi \cdot 11 \cdot 1000 \cdot 5 \cdot 365$$

$= 3{,}5 \cdot 106\ cm^3 \quad = 3{,}5\ m^3$

Étant donné que le gaz est composé de 90% de méthane et que ses autres composants ont un comportement similaire, le méthane est généralement considéré comme un repère pour le calcul de pertes de gaz (dont la valeur est considérée comme étant négligeable chez le PE).

Selon cette formule, la perméation par unité de longueur est identique pour tous les tubes soumis à une même pression dès lors que leur rapport diamètre/épaisseur reste constant.

1.3.6.- COMPORTEMENT FACE À L'ACTION DES FLAMMES

S'agissant d'un matériau classé groupe B2 par la norme DIN 4102, le polyéthylène présente une combustibilité ordinaire ; il prend feu au contact d'une flamme directe, ses flammes sont peu brillantes et il dégage des gouttes de matériau enflammé.

De même que les hydrocarbures, le polyéthylène dégage du CO, CO_2 et de l'eau mais sans résidus corrosifs ou nuisibles à l'environnement. Sa température d'inflammation est de 340ºC.

1.3.5.- PERMEABILITY OF PE PIPES TO GASES

Gases permeance through the plastic wall of the pipes is modelled by Fick's First Law for tubes, which is:

$$V = P \frac{\pi \cdot d \cdot L \cdot p \cdot t}{e}$$

V: Coefficient of permeated gas [cm3 (NTP)]

NTP= volume in relation to normal temperature and pressure, 23ºC and 1 bar

P: Permeance coefficient [cm3 (NTP)/m · bar= day)]

d: Outer diameter of the tube (mm)

L: Length of the tube (mm)

p: partial pressure of the gas in the tube (bar)

t: Time (days)

s: Thickness of the wall of the tube (mm)

Obviously, the permeance coefficient depends on the type of plastic and the gas. In the case of polyethylene, its density also affects its permeance coefficient.

In the case of methane, the following leakages are detected in polyethylene:

for a PN 10 (SDR d/s = 11) Series PE pipe, under a 4 bar overpressure (i.e. 5 bar partial pressure), the polyethylene pipe will have the following annual leakage per km of length

$$V = 0{,}056 \frac{cm^3}{m \cdot bar \cdot Tag} \cdot \pi \cdot 11 \cdot 1000 \cdot 5 \cdot 365$$

$= 3{,}5 \cdot 106\ cm^3 \quad = 3{,}5\ m^3$

Since 90% of natural gas is methane, and the rest of its components have similar behaviour, methane is used as a reference for gas leakage calculations (whose value is considered to be negligible in PE).

According to the previous formula, permeance per unit of length is identical in all pipes designed to have the same pressure rating, as their wall diameter/thickness ratio is constant.

1.3.6.- BEHAVIOUR WHEN EXPOSED TO FLAMES

Polyethylene flammability is normal (it is a B2 construction material according to DIN 4102), it catches fire when a direct flame is applied, it burns with a slightly bright flame and it releases drops of inflamed material.

Like hydrocarbons, it releases CO, CO_2 and water, but without corrosive or environmentally adverse residue. Its inflammation temperature is 340ºC.

1.4.- Características químicas del polietileno

1.4.1.- RESISTENCIA A LOS AGENTES QUÍMICOS

En cuanto a la Resistencia a los agentes químicos del polietileno, por tratarse de poliolefinas de alto peso molecular el polietileno de media densidad y de alta densidad presentan una estructura apolar similar a la de los hidrocarburos parafínicos, lo que les proporciona una excelente resistencia a los agentes químicos y otros medios de composición muy diversa.

Por ello, resisten soluciones salinas acuosas, así como ácidos y álcalis diluidos. En el polietileno no se producen procesos electroquímicos que provocan corrosión en los metales. Unicamente los agentes oxidantes fuertes, como los peróxidos y ácidos a alta concentración, así como los halógenos, lo atacan después de una actuación permanentemente prolongada.

A 20ºC, tanto el polietileno de alta densidad como el de media densidad no se disuelven en ningún disolvente.

Si bien es cierto que en determinadas circunstancias las características mecánicas del polietileno puedan resultar afectadas por la acción de los agentes químicos, debiéndose distinguir entre reacciones químicas e interacciones físicas. Las primeras alteran la estructura del material y reducen sus características mecánicas, tales como resistencia y tenacidad. Las segundas incluyen esencialmente fenómenos de hinchamiento y permeación, así como agrietamientos por tensión debidos a humectantes.

Al evaluar la resistencia a los agentes químicos de conducciones y otros elementos, es importante determinar si a las solicitaciones químicas se suman los esfuerzos mecánicos, provocando deterioros.

De los dos métodos de verificación más utilizados para determinar la resistencia química del PE, el ensayo de inmersión únicamente tiene en cuenta la resistencia química sin esfuerzos mecánicos importantes. Por el contrario, el ensayo de presión interna registra simultáneamente la acción química y mecánica combinadas.

Ensayo de Inmersión

Se describe en la Normas DIN 16888 e ISO 4433, y consiste en sumergir en un producto químico las probetas alargadas extraídas de las paredes de las tuberías de polietileno. Se someten después a un ensayo de tracción, y se analizan las variaciones dimensionales de la probeta. En función de los resultados obtenidos, son posibles las siguientes clasificaciones:

- Resistente
- Resistente en determinadas condiciones.
- No resistente

Para el diseñador, los datos de las tablas de resistencia confeccionadas en base a ensayos de inmersión, resultan muchas veces insuficientes. Para sus cálculos, necesita una magnitud de dimensionado que cuantifique la influencia del medio.

Este requisito lo cumple el factor químico de resistencia f_{CR}, que se obtiene a través de ensayos de presión interna permanente, realizados con tuberías llenas de producto a transportar.

1.4.- Características químicas del polietileno

1.4.1.- RÉSISTANCE AUX AGENTS CHIMIQUES

Le polyéthylène est une polyoléfine à haut poids moléculaire. Plus précisément, le polyéthylène haute densité et le polyéthylène moyenne densité présentent une structure apolaire similaire à celle des hydrocarbures paraffiniques, ce qui leur confère une excellente résistance aux agents chimiques et autres éléments de composition diverse.

En effet, le polyéthylène résiste aux solutions aqueuses salines ainsi qu'aux acides et aux alcalis dilués. À la différence des métaux, il n'intervient, à l'intérieur du polyéthylène, aucun processus électrochimique corrosif. Seuls des agents oxydants forts, tels les peroxydes, les acides très concentrés ou encore les halogènes sont susceptibles de l'endommager après une action prolongée et permanente.

À 20°C, le polyéthylène haute densité comme le polyéthylène moyenne densité ne se dissolvent dans aucun solvant.

Toutefois, les caractéristiques mécaniques du polyéthylène peuvent être altérées par l'action des agents chimiques dans certaines circonstances. Il faut bien distinguer les réactions chimiques des interactions physiques. Les réactions chimiques modifient la structure du matériau et diminuent ses caractéristiques mécaniques; les interactions physiques, quant à elles, se rapportent notamment à des phénomènes de gonflement et de perméation, ainsi qu'à des craquelures par contrainte à cause des humectants.

Il est important, pour évaluer la résistance aux agents chimiques des canalisations et aux autres éléments, de déterminer si des dommages sont occasionnés par l'addition de sollicitations chimiques aux contraintes mécaniques.

Parmi les méthodes de vérification les plus utilisées pour déterminer la résistance chimique du PE, l'essai d'immersion ne prend en compte que la résistance chimique sans contraintes mécaniques importantes. En revanche, l'essai de pression interne mesure l'action chimique et l'action mécanique simultanément.

Essai d'immersion

Décrit dans les normes DIN 16888 et ISO 4433, cet essai consiste à submerger dans un produit chimique de longues éprouvettes tirées des parois des tubes en polyéthylène. Elles sont ensuite soumises à un essai de traction; de même, une analyse des variations dimensionnelles de l'éprouvette est effectuée. En fonction des résultats obtenus, les classements suivants sontpossibles :

- Résistant
- Résistant sous certaines conditions.
- Non résistant

Pour le concepteur, les informations contenues dans les tableaux de résistance établis sur la base des essais d'immersion se révèlent souvent insuffisantes. En effet, une valeur de dimensionnement quantifiant l'influence du milieu lui est nécessaire.

Obtenu grâce à des essais de pression interne permanente mettant en jeu des tubes remplis de produit à transporter, le facteur chimique de résistance f_{CR} sert à mesurercette influence.

1.4.- Características químicas del polietileno

1.4.1.- RESISTANCE TO CHEMICAL AGENTS

Due to the high molecular weight polyolefins, high and medium density polyethylene present an apolar structure similar to that of paraffinic hydrocarbons, which gives them an excellent resistance to chemical agents and other media of very varied composition.

As a result, they are resistant to aqueous salty solutions as well as diluted acids and alkalis. Polyethylene does not undergo electrochemical processes that cause corrosion in metals. Only strong oxidizing agents such as peroxides and highly concentrated acids, as well as halogens, attack polyethylene after a long-term application.

At 20ºC, neither high nor medium density polyethylene dissolve in any solvent.

However, in certain circumstances chemical agents can affect polyethylene mechanical properties. Therefore, a distinction must be made between chemical reactions and physical interactions. The former alter the structure of the material and reduce its mechanical properties, such as resistance and tensile strength. The later include mainly swelling and permeance phenomena, as well as stress crazing due to humectants.

When it comes to evaluating the chemical agents that affect conduits and other elements, it is important to determine if mechanical requests are added to the chemical reactions, causing deterioration.

Of the two most common verification methods used to determine the chemical resistance of PE, the immersion test only considers chemical resistance without significant mechanical stresses. In contrast, the internal pressure test records chemical and the mechanical actions simultaneously.

Immersion test

It is described in Standards DIN 16888 and ISO 4433, and entails submerging long specimens extracted from the wall of polyethylene pipes into a chemical product. Afterwards, the specimens are subjected to a tensile test and their dimensional variations are analysed. Depending on the results, the following categories are possible:

- Resistant
- Resistant under certain conditions
- Non-resistant

The data included in the tables derived from the results of the immersion tests are rarely sufficient for designers. For their calculations, they need a dimensioning value that quantifies the impact of the medium.

This requirement is fulfilled by the chemical resistance factor fCR , obtained through permanent internal pressure tests carried out with pipes filled with the product they are meant to convey.






Determinación de factores de resistencia a través de ensayos de presión interna permanente

Gráficamente, las curvas de esfuerzos permanentes correspondientes al polietileno y otros termoplásticos, constan de una parte plana y de otra más inclinada. Para la práctica esta segunda es la importante, pues es la única capaz de reflejar la acción de los agentes químicos.

Los ensayos de verificación con el producto a transportar se llevan a cabo primero con una temperatura más alta (por ejemplo, 80 ºC) y bajo dos tensiones como mínimo.

Comparando las curvas de resistencia al producto resultante de dichos ensayos, con las correspondientes al agua, se obtienen, para una misma tubería, factores de resistencia en función del tiempo o de la tensión. Esto puede verse en las figuras 6 y 7 adjuntas, en las que se representan se forma esquemática estos dos factores de resistencia (en función del tiempo t y de la tensión σ).

El factor de resistencia en función del tiempo, es la relación entre dos tiempos de contacto bajo la misma tensión. Su fórmula es:

$$f_{CRt} = \frac{t_M}{t_W}$$

El factor de resistencia en función de la tensión es la relación entre los valores correspondientes a ambas tensiones durante un mismo tiempo de contacto. Su fórmula es:

$$f_{CR\sigma} = \frac{\sigma_M}{\sigma_W}$$

Siendo:

t_M = tiempo de contacto con el producto químico

t_w = tiempo de contacto con el agua

σ_M = tensión en contacto con el producto

σ_W = tensión en contacto con el agua

En las páginas siguientes, aparece la tabla 2 correspondiente a los factores de resistencia del PE alta densidad.

Détermination des facteurs de résistance par des essais de pression interne permanente

La représentation graphique de toute courbe des contraintes permanentes du polyéthylène ou d'autres thermoplastiques comporterait une partie parallèle à l'axe des abscisses, d'une part, et une partie plus inclinée, d'autre part. Dans la pratique, cette dernière est prépondérante car la seule capable de représenter l'action des agents chimiques.

Les essais de vérification avec le produit à transporter sont d'abord effectués à une température plus élevée (80ºC, par exemple) et sous au moins deux contraintes différentes.

En comparant la courbe de résistance au produit, tracée à partir de ces essais, à celle qui représente l'eau, nous obtiendrons, pour un même tube, divers facteurs de résistance en fonction du temps et de la contrainte, comme nous pouvons le constater sur les figures 6 et 7 ci-contre, où ces deux facteurs de résistance (en fonction du temps t et de la contrainte σ) sont représentés.

Le facteur de résistance fonction du temps est le rapport entre deux temps de contact sous une même contrainte. Voici sa formule:

$$f_{CRt} = \frac{t_M}{t_W}$$

Le facteur de résistance fonction de la contrainte est le rapport entre les valeurs liées à ces deux contraintes pour un même temps de contact. Voici la formule :

$$f_{CR\sigma} = \frac{\sigma_M}{\sigma_W}$$

Où :

t_M = temps de contact avec le produit chimique

t_w = temps de contact avec l'eau

σ_M = contrainte en contact avec le produit

σ_W = contrainte en contact avec l'eau

Dans les pages ci-après figure le tableau 2 concernant les facteurs de résistance du PE haute densité.

Establishing resistance factors through permanent internal pressure tests

Graphically, permanent stress curves corresponding to polyethylene and other thermoplastics include a section that is flat and another one that is inclined. In practice, the second one is more important, as it is the only one that reflects the effect of chemical agents.

Verification tests with the product the pipes are meant to convey are carried out at a higher temperature first (for example, 80ºC) and under at least two stresses.

By comparing the curves resulting from these tests with curves obtained with water, several resistance factors are obtained for a single pipe related to time or stress. This is shown in figures 6 and 7, where these two resistance factors are represented in a simplified way (related time t and stress s).

The resistance factor that is dependent on the ratio between two times of contact under the same stress. The formula is:

$$f_{CRt} = \frac{t_M}{t_W}$$

The resistance factor that depends on the stress is the ratio of the values that correspond to both stresses during the same amount of contact time. The formula is:

$$f_{CR\sigma} = \frac{\sigma_M}{\sigma_W}$$

Where:

t_m = time of contact with the chemical product

t_w = time of contact with water

σ_M = stress in contact with the product

σ_W = stress in contact with water

The following pages include table 2, which shows the resistance factors of the high density PE.

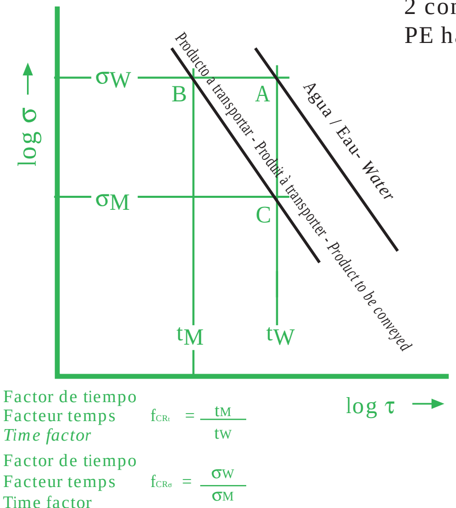


Fig. 6

Representación esquemática de la determinación de los factores de resistencia.
Représentation schématique de la détermination des facteurs de résistance.
Schematic representation of the determination of resistance factors

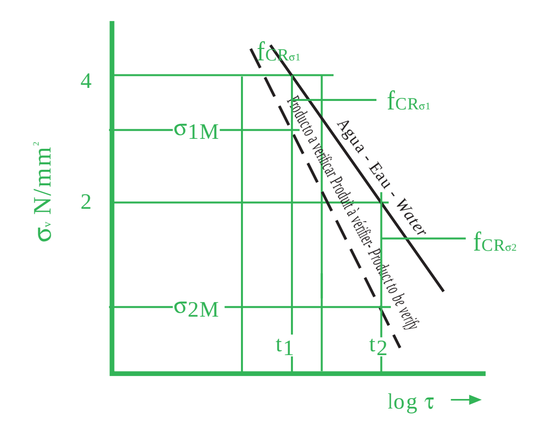


Fig. 7

Ejemplo de determinación de los factores de resistencia en función de la tensión.
Exemple de détermination des facteurs de résistance en fonction de la contrainte.
Exemple: Determination of resistance factors that dependson the stress.

Tabla 3

PRODUCTO PRODUIT PRODUCT	*1)	PROPORCION TAUX PROPORTION [%] *2)	TENSION APLICADA CONTRAINTE APPLIQUÉE STRESS APPLIED [N/mm²]	FACTORES DE RESISTENCIA $f_{CR\sigma}$ FACTEURS DE RÉSISTANCE $f_{CR\sigma}$ RESISTANCE FACTORS $f_{CR\sigma}$			
				80 °C	60 °C	40 °C	20 °C
Alumbres (Sulfato de Me(I)-Me(III) Aluns (sulfate de Me(I)-Me(III) Alums (Me(I)-Me(III) sulphate)	M	100	*3)		1	1	1
Amoniaco líquido NH_3 Ammoniac liquide NH_3 Ammonia (liquid) NH_3	A	TR	*3)		1	1	1
Amoniaco gaseoso NH_3 Ammoniac gazeux NH_3 Ammonia (gaseous) NH_3	A	TR	*3)		1	1	1
Hidróxido Amónico NH_4OH Hydroxyde d'ammonium NH_4OH Ammoniun hydroxide NH_4OH	A	GL	*3)		1	1	1
Cloruro Amónico NH_4Cl Chlorure d'ammonium NH_4Cl Ammoniun chloride NH_4Cl	A	GL	*3)		1	1	1
Sales de Bario - Sels de baryum Barium salts	A	GL	*3)		1	1	1
Benceno C_6H_6 Benzène C_6H_6 Benzene C_6H_6	O	100	4 3 2	0,75 0,86 1	0,73 0,92 1	0,71 *4) 0,98 *4) 1 *4)	0,69 *4) 1 *4) 1 *4)
Cloroformo $CHCl_3$ Chloroforme $CHCl_3$ Chloroform $CHCl_3$	O	100	4 3 2	0,45 0,48 0,55			
Acido crómico $H_2Cr_2O_4$ Acide chromique $H_2Cr_2O_4$ Chromic acid $H_2Cr_2O_4$	A	10 20	4 a 2 5 4 3 2	0,7 0,58 0,5 0,38	0,62 0,42 0,36 0,28	0,53 0,35 0,31 0,25 0,2	 0,21 0,18 0,15 0,11
Decano $C_{10}H22$ Décane $C_{10}H22$ Decane $C_{10}H22$	O	100	4 2	0,72 0,95			
Gas natural (componente principal: CH_4) Gaz naturel (composant principal : CH_4) Natural gas (main component: CH_4)	O	100	4 a 2 4 à 2 4 to 2	1			
Gas natural condensado (mezcla de componente aromáticos y alifáticos) Gaz naturel comprimé (mélange de composants aromatiques et aliphatiques) Condensed natural gas (mixture of aromatic and aliphatic components)	O	100	5 4 3 2	0,78 0,9 1			
Petróleo no fraccionado (mezcla de componentes aromáticos y alifáticos) *uncracked petroleum* *(mixture of aromatic and aliphatic components)*	O	100	4,5 4 2,8 2		0,74 0,8 1 1		
Acido acético CH_3COOH Acide acétique CH_3COOH Acetic acid CH_3COOH	O	60 98	5 a 2 5 à 2 5 to 2 4 a 2 4 à 2 4 to 2 5 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 2	 0,8 0,6 0,6 0,6	 0,7 0,29 0,2 0,13	0,58 0,61* 4) 0,26 0,21 0,18 0,12	 0,54* 4) 0,2 0,18 0,15 0,12
Cloruro de etileno $C_2H_4Cl_2$ Chlorure d'éthylène Ethylenbe chloride $C_2H_4Cl_2$	O	100	4 a 2 4 à 2 4 to 2	0,9			
Etilenglicol CH_2OHCH_2OH Éthylèneglycol CH_2OHCH_2OH Ethylene glycolCH_2OHCH_2OH	O	100	4 a 2 4 à 2 4 to 2	1			
Formaldehído CH_2O Formaldéhyde CH_2O Formaldehyde CH_2O	O	40	5 a 2 5 à 2 5 to 2 4 a 2 4 à 2 4 to 2	 0,62	 0,62	0,62	0,62
Fuel-oil Mazout Domestic Fuel-oil	O	100	4 3 2		0,7 0,8 0,94		
Hexanol C6H13OH Hexanol C6H13OH Hexanol C6H13OH	A	100	4 3 2	0,9 1 1	 0,62		
Solución acuosa de potasa Hidróxido potásico KOH Solution aqueuse de potasseou hydroxyde de potassium KOH Potash aqueous solution Potassium hydroxide KOH	A	50	*3)		1	1	1

PRODUCTO PRODUIT PRODUCT	*1)	PROPORCION TAUX PROPORTION [%][2]	TENSION APLICADA CONTRAINTE APPLIQUÉE STRESS APPLIED [N/mm²]	FACTORES DE RESISTENCIA $f_{CR\sigma}$ FACTEURS DE RÉSISTANCE $f_{CR\sigma}$ RESISTANCE FACTORS $f_{CR\sigma}$ 80 °C	60 °C	40 °C	20 °C
Sal común en solución NaCl Sel commun en solution NaCl Common salt in solution NaCl	A	25	4 a 2 4 à 2 4 to 2	1	1	1	1
Cloruro de Cobre (II) $CuCl_2$ Chlorure de cuivre (II) $CuCl_2$ Copper chloride (II) $CuCl_3$	A	GL	*3)		1	1	1
Sales Magnésicas Sels magnésiens Magnesic Salt	A/M	GL	*3)		1	1	1
Metanol CH_3OH Méthanol CH_3OH Ammoniun hydroxide NH_4OH	O	100	4 a 2 4 à 2 4 to 2		1		
Cloruro de metileno CH_2Cl_2 Chlorure de méthylène CH_2Cl_2 Methylene chloride CH_2Cl_2	O	100	4 3 2	0,67 0,8 0,95	0,68 0,78 0,94	0,69*4) 0,76*4) 0,93*4)	0,7*4) 0,74*4) 0,92*4)
Tiosulfato sódico $Na_2S_2O_3$ Thiosulfate sodique $Na_2S_2O_3$ Sodium thiosulphate $Na_2S_2O_3$	A	GL	*3)		1	1	1
Sosa cáustica NaOH Soude caustique NaOH Casustic Soda NaOH	A	50	4 a 2 4 à 2 4 to 2	1			
Octanol $C_8H_{17}OH$ Octanol $C_8H_{17}OH$ Octanol $C_8H_{17}OH$	O	100	5 4 3 2	 1 1 1	 1 1 1	1 1 1 1	
Ácido fosfórico H_3PO_4 Acide phosphorique H_3PO_4 Phosphoric acid H_3PO_4	A	75	4 a 2 4 à 2 4 to 2				
Amoniáco líquido NH_4OH Ammoniac liquide NH_4OH Ammonia (liquid) NH_4OH	A	GL	*3)	1	1	1	1
Ácido nítrico HNO_3 Acide nitrique HNO_3 Nitric acid HNO_3	A	53 65	5 a 2 5 à 2 5 to 2 4 a 2 4 à 2 4 to 2	0,3 0,3		0,5	0,46
Ácido clorhídrico HCl Acide chlorhydrique HCl Hydrochloric acid HCl	A	33	4 a 2 4 to 2	0,75			
Ácido sulfúrico H_2SO_4 Acide sulfurique H_2SO_4 Sulfuric acid H_2SO_4	A	40	4 a 2 4 à 2 4 to 2	1			
		78	4 a 2 4 à 2 4 to 2	1	1		
		85	3 3 3	1			
		90	2 2 2	0,3			
		95	3 3 3	0,5			
			2 2 2	0,11			
		98	3 3 3	0,1			
			2 2 2	<0,01			
			5 5 5			0,35	0,2
			4 4 4		0,41	0,3	0,18
			3 3 3	0,05	0,26	0,24	0,14
			2 2 2	<0,01	0,13	0,18	0,1
Sales de plata*3) - Sels d'argent*3) - Silver salts*3)	A/M	GL	*3)		1	1	1
Tetracloruro de carbono CCl_4 Tétrachlorure de carbone CCl_4 Carbon tetrachloride CCl_4	O	100	4 3 2	0,7 0,8 0,95	0,65 0,7 0,8	0,6*4) 0,6*4) 0,67*4)	0,56*4) 0,54*4) 0,57*4)
Tolueno $C_6H_5CH_3$ Toluène $C_6H_5CH_3$ Toluene $C_6H_5CH_3$	O	100	4 3 2	0,65 0,75 0,95			
1,3,5, Trimetilbenceno $C_6H_3(CH_3)_3$ 1,3,5 Triméthylbenzène $C_6H_3(CH_3)_3$ 1,3,5 Trimethylbenzene $C_6H_3(CH_3)_3$	O	100	4 3 2	0,65 0,75 0,9			
Agua con humectante Eau mouillante Water wiht humectant	M	2	4 a 2 4 à 2 4 to 2	0,6			
Sales de cinc Sels de zinc Zinc salts	A/M	GL	*3)		1	1	1

1) A: Substancia inorgánica O: Substancia orgánica M: Mezcla de A+O

2) Proporción en % ó GL: solución acuosa saturada (a 20° C) TR: substancia técnicamente pura.

3) En base a años de experiencia práctica o de ensayos de inmersión $f_{CR\sigma}$=1 (aplicable a todas las tensiones).

4) Valores extrapolados

1) A : substance inorganique O : substance organique M : mélange A+O

2) Taux en % ou GL : solution aqueuse saturée (à 20°C) TR: substance techniquement pure.

3) Sur la base des années d'expérience pratique ou des essais d'immersion $f_{cr\sigma}$= 1 (applicable à toutes les contraintes)

4) Valeurs extrapolées

1) A: Inorganic substance O: Organic Substance M: Mixure of A+O

2) Prportiion in % or GL: saturated aqueous solution (at 20°C) TR: Technically pure substance.

3) Based on years of practical experience or immersion tests $f_{CR\sigma}$=1 (applicable to all stresses).

4) Extrapolated values.

1.4.3.- TABLA EXTENDIDA DE RESISTENCIA DEL PE AD A LOS AGENTES QUIMICOS

1.4.3.- TABLEAU DÉTAILLÉ DE RÉSISTANCE DU PEHD AUX AGENTS CHIMIQUES

1.4.3. EXTENDED TABLE OF HDPE RESISTANCE TO CHEMICAL AGENTS

TABLA 4

Signos convencionales: Symboles conventionnels

R - resistente résistant swelling	hinchamiento < 3 % o pérdida de peso < 0,5 % alargamiento de desgarre sin alteración apreciable	gonflement < 3% ou perte de poids < 0,5% allongement à rupture sans perturbation importante	swelling < 3%., or weight loss < 0,5% and/or tearing elongation without noticeable alteration
C - resist. bajo det. cond. résist. dans cert. cond. Resist. under cert. cond.	hinchamienlo 3 - 8 % o pérdida de peso 0,5 - 5 % y/o disminución del alargamiento de desgarre < 50 %	gonflement 3 - 8% ou perte de poids 0,5 - 5% et/ou diminution de l'allongement à rupture < 50%	swelling 3.8% or weight loss 0.5-5% and/or decrease of tearing elongation < 50%
N - no resistente non résistant non-resistant	hinchamiento > 8 % o pérdida de peso > 5 % y/o disminución del alargamiento de desgarre > 50 %	gonflement > 8% ou perte de poids > 5% et/ou diminution de l'allongement à rupture > 50 %	swelling > 8% or weight loss > 5% and/or decrease of tearing elongation >50%
D - decoloración			

AGENTE	20°C	60°C
Aceite de coco - Huile de coco - Coconut oil	R	C
Aceite de linaza - Huile de linette - Linseed oil	R	R
Aceite de parafina - Huile de parafine - Paraffin oil	R	R
Aceite de semillas de maíz - Huile de grain de mais - Maize seed oil	R	C
Aceite de silicona - Huile de silicone - Silicone oil	R	R
Aceite Diesel - Huile Diesel - Diesel oil	R	C
Aceite para husos - Huile à broche - Oil for spindles	R a C	C
Aceite para transformadores - Huiles pour transformateur - Oil for transformers	R	C
Aceites etéreos - Huiles éthérées - Ether oils	C	C
Aceites minerales - Huiles minerals - Mineral oils	R	A-C
Aceites vegetales y minerales - Huiles végétales et minérales - Mineral and vegetal oils	R	A-c
Acetaldehido, gaseoso - Acétaldhéhyde, gazeux - Acetaldehyde (gaseous)	R	C
Acetato de amilo - Acétate d'amyle - Amyl acetate	R	R
Acetato de butilo - Acétate de butyle - Butyl acetate	R	C
Acetato de etilo - Acétate d'éthyle - Ethyl acetate	C	N
Acetato de plomo - Acétate de plomb - Lead acetate	*R	R
Acetona - Acétone - Acetone	R	R
Acido acético (10 %) - Acide acétique (10%) - Acetic acid (10%)	R	R
Acido acético (100 %) glacial - Acide acétique (10%) glacial - Acetic acid (100%) glacial	R	CD
Acido adipínico - Acide adipique - Adiphinic acid	R	R
Acido benzoico - Acide benzoïque - Benzoic acid	*R	R
Acido benzolsulfónico - Acide benzosulfonique - Benzene suphonic acid	R	R
Acido bórico - Acide borique - Boric acid	*A	R
Acido bromhídrico (50%) - Acide bromhydrique (50%) - Bromhidric acid (50%)	R	R
Ac ido butírico - Acide butyrique - Butyric acid	R	C
Acido carbónico - Acide carbonique - Carbonic acid	R	R
Acido cianhídrico - Acide cyanhydrique - Hydrocyanic acid	R	R
Acido cítrico - Acide citrique - Citric acid	R	R
Acido clorhídrico - Acide chlorhydrique - Hydrochloric acid (en cualquier concentración) - (toutes concentrations) - (at any concentration)	R	R
Acido clorhídrico gaseoso Acide chorhydrique gazeux - Gaseous hydrochloric acid húmedo y seco - humide et sec - wet and dry	R	R
Acido cloroacético (mono) - Acide chloroacétique (mono) - Chloroacetic acid (mono)	R	R
Acido clorosulfónico - Acide chlorosulphonique - Chlorosulphonic acid	N	N
Acido crómico (80 %) - Acide chromique (80%) - Chomic acid (80%)	R	ND
Acido dicloroacético (50%) - Acide dichloroacétique (50%) - Dichloroacetic (50%)	R	R
Acido dicloroacético (100%) - Acide dichloroacétique (100%) - Dichloroacetic (100%)	R	ND
Acido esteárico - Acide stéarique - Stearic acid	R	C
Acido fluorhídrico (40%) - Acide fluorhydrique (40%) - Hydrofluoric acid (40%)	R	C
Acido fluorhídrico (70%) - Acide fluorhydrique (70%) - Hydrofluoric acid (70%)	R	C
Acido fluosilícico acuoso (hasta el 32%) - Acide fluosilicique, aqueux (jusqu'à 32%) - Fluorosilicic acid, aqueous (up to 32%)	R	R
Acido fórmico - Acide formique - Formic acid	R	R
Acido fosfórico (25%) - Acide phosphorique (25%) - Phosforic acid (25%)	R	R
Acido fosfórico (50%) - Acide phosphorique (50%) - Phosforic acid (50%)	R	R
Acido fosfórico (95%) - Acide phosphorique (95%) - Phosforic acid (95%)	R	CD
Acido ftálico (50%) - Acide phtalique (50%) - Phtalic acid (50%)	R	R
Acido glicólico (50%) - Acide glycolique (50%) - Glycolic acid (50%)	R	R
Acido glicólico (70%) - Acide glycolique (70%) - Glycolic acid (70%)	R	R
Acido láctico - Acide lactique - Lactic acid	R	R
Acido maleico - Acide maléique - Maleic acid	R	R
Acido málico - Acide malique - Malic acid	R	R
Acido monocloroacético - Acide monochloroacétique - Monochloroacetic acid	R	R

AGENTE	20°C	60°C
Acido nítrico (25%) - Acide nitrique (25%) - Nitric acid (25%)	R	R
Acido nítrico (50%) - Acide nitrique (50%) - Nitric acid (50%)	C	N
Acido oléico (conc.) - Acide oléique (conc.) - Oleic acid (conc.)	R	C
Acido oxálico (50%) - Acide oxalique (50%) - Oxalic acid (50%)	R	R
Acido perclórico (20%) - acide perchlorique (20%) - Perchloric acid (20%)	R	R
Acido perclórico (50%) - acide perchlorique (50%) - Perchloric acid (50%)	*R	C
Acido perclórico (70%) - acide perchlorique (70%) - Perchloric acid (70%)	R	ND
Acido propiónico (50%) - Acide propionique (50%) - Propionic acid (50%)	R	R
Acido propiónico (100%) - Acide propionique (100%) - Propionic acid (100%)	R	C
Acido silícico - Acide silicique - Silicic acid	R	R
Acido succínico (50 %) - Acide succinique (50%) - Succinic acid (50%)	R	R
Acido sulfhídrico - acide sulfhydrique - Hydrogen sulphide	R	R
Acido sulfúrico (10%) - Acide sulfurique (10%) - Sulfuric acid (10%)	R	R
Acido sulfúrico (50%) - Acide sulfurique (50%) - Sulfuric acid (50%)	R	R
Acido sulfúrico (98%) - Acide sulfurique (98%) - Sulfuric acid (98%)	R	ND
Acido sulfuroso - Acide sulphureux - Sulphurous acid	R	R
Acido tánico (10%) - Acide tannique (10%) - Tannic acid (10%)	R	R
Acido tartárico - Acide tartrique - Tartaric acid	R	R
Acido tricloroacético (50%) - Acide trichloroacétique (50%) - Trichloroacetic (50%)	R	R
Acido tricloroacético (100%) - Acide trichloroacétique (100%) - Trichloroacetic (100%)	R	C a N
Acidos aromáticos - Acides aromatiques - Aromatic acids	R	R
Acrilonitrilo - Acrylonitrile - Acrylonitrile	R	R
Agua de cloro - Eau de chlore - Chlorine water (desinfección de tuberías) - (désinfection de tubes) - (pipe desinfection)	R	
Agua de mar - Eau de mer - Sea water	R	R
Agua oxigenada (30%) - Eau oxygéné (30%) - Hydrogen peroxide (30%)	R	R
Agua oxigenada (100%) - Eau oxygéné (100%) - Hydrogen peroxide (100%)	R	N
Agua regia - Eau régale - Aqua regia	N	N
Alcohol alílico - Alcool allylique - Ethyl alcohol	R	R
Alcohol bencílico - Alcool benzylique - Benzy alcohol	R	R a C
Alcohol etílico - Alcool éthylique - Ethyl alcohol	R	R
Alcohol furfurílico - Alcool furfurylique - Furfuric alcohol	R	R D
Amoníaco, gaseoso (100 %) - Ammoniac, gazeux (100%) - Ammonia, gaseous (100%)	R	R
Amoníaco, líquido (100 %) - Ammoniac, liquide (100%) - Ammonia, liquid (100%)	R	R
Anhídrido acético - Anhydride acétique - Acetic anhydride	R	C D
Anhídrido sulfúrico - Anhydrire sulphurique - Sulphuric anhydride	N	N
Anhídrido sulfuroso, húmedo - Anhydride sulfureux, humide - Sulphur dioxide, wet	R	R
Anhídrido sulfuroso, seco - Anhydride sulfureux, sec - Sulphur dioxide, dry	R	R
Anilina, pura - Aniline, pure - Aniline, pure	R	R
Azufre - Soufre - Sulphur	R	R
Benceno - Benzène - Benzene	C	C
Benzoato sódico - Benzoate de sodium - Sodium benzoate	R	R
Bicromato potásico (40%) - Bichormate de potasium - Potassic bichromate (40%)	R	R
Bisulfito sódico, diluido con aguaBisulfite de sodium, dilué dans de l'eau - sodium bisulphate, dilued in water	R	R
Borato potásico, acuoso al 1% - Borate de potassium, aqueux en 1% - Potassium borate, aqueous to 1%	R	R
Borax, en cualquier conc. - Borax, toutes concentrations - Borax in any conc.	R	R
Bromato potásico acuoso - Bromate de potasium, aqueux - Potassium borate, aqueous (hasta el 10 %) - (jusqu'à 10%) - (up to 10%)	R	R
Bromo - Brome - Bromine	N	N
Bromuro potásico - Bromure de potassium - Potassium bromide	*R	R
Butanol - Butanol - Butanol	R	R
Butanotriol - Butanotriol - Butanotriol	R	R
Butilglicol - Butylglycol - Butylglycol	R	R
Butoxilo - Butoxyle - Butoxile	R	C
Carbonato sódico - carbonate de sodium - Sodium carbonate	*R	R
Cera de abejas - Cire d'abeille - Beeswax	R	**C a N
Cerveza - Bière - Beer	R	R
Cetonas - Cétones - Ketones	R	R a C
Cianuro potásico - Cyanure de potasium	*R	R
Ciclolhexano - Cyclohexane - Cyclohexane	R	R
Ciclohexanol - Cyclohexanol - Cyclohexanol	R	R
Ciclohexanona - Cyclohexanone - Cyclohexanone	R	C
Clorhidrina de glicerina - Chlorydine de glycérine - Glycerine chlorohydrin	R	N
Clorito sódico (50 %) - Chlorite de sodium (50%) - Sodium chlorite (50%)	R	R
Clorito sódico para blanqueo - Chloite de sodium pour blanchissage - Sodium chlorite for bleaching	C	N
Clorobenceno - Chlorobenzène - Benzene chloride	C	N
Clorotanol - Chloroéthanol - Chloro ethanol	R	R D
Cloroformo - Chloroforme - Chloroform	**C a N	N





TABLA 4 (cont.)

AGENTE	20ºC	60ºC
Cloro gaseoso, húmedo - Chlore gazeux, humide - Gaseous chlorine, wet	C	N
Cloro gaseoso, seco - Chlore gazeux, sec - Gaseous chlorine, dry	C	N
Cloro líquido - Chlore liquide - Liquid chlorine	N	N
Cloruro amónico - Chlorure d'ammonium - Ammonium chloride	*R	R
Cloruro de aluminio, anhidro - Chlorure d'Aluminium,anhydre - Aluminium chloride, anhydride	R	R
Cloruro de bario - Chlorure de baryum - Barium chloride	*R	R
Cloruro de calcio - Chlorure de calcium - Calcium chloride	*R	R
Cloruro de cinc - Chlorure de zinc - Zinc chloride	*R	R
Cloruro etileno (dicloroetano) - Chlorure d'éthylène (dichloroéthane) Ethylene chloride (dichloroethane)	C	C
Cloruro de mercurio (sublimado) - Chlorure de mercure, (sublimé) Mercury chloride (sublimated)	R	R
Cloruro de metileno - Chlorure de méthylène - Methylene chloride	C	C
Cloruro de sulfurilo - Chlorure de sulfuryle - Sulfuryl chloride	N	
Cloruro de Tionilo - Chlorure de thionyle - Thionyl chloride	N	N
Cloruro férrico - Chlorure ferrique - Ferric chloride	*R	R
Cloruro magnésico - Chlorure de magnésium - Manganese chloride	*R	R
Cloruro potásico - chlorure de potassium - Potassium chloride	*R	R
Cloruro sódico - Chlorure de sodium - Sodium chloride	*R	R
Cromato potásico acuoso (40%) - Chromate de potassium, aqueux (40%) Potassium chromate, aqueous (40%)	R	
Deter gentes sintéticos - Détersifs synthétiques - Synthetic detergents	R	R
Diclorobenceno - Dichlorobenzène - Dichlorobenzeno	C	N
Dicloroetileno - Dichloroéthylène - Dichloroethylene	N	N
Diisobutilcetona - Diisobutylcétone - Di iso butylketone	R	C a N
Dimetilformamida (100%) - Diméthylformamide (100%) - Dimethylformamide (100%)	R	R a C
Dioxano - Dioxane - Dioxan	R	R
Emulsionantes - Émulsifs - Emulsifiers	R	R
Esencia de Trementina - Essence de térébenthine - Turpentine essence	R a C	C
Esteres alifáticos - Esters aliphatiques - Aliphatic ethers	E	R a C
Ester etílico del ácido monocloroacético - Ester éthylique de l'acide monochloroacétique Ethylic ether of the acid monochloroacetic	E	R a C
Ester metílico del ácido dicloroacético - Ester méthylique de l'acide bichloroacétique - Methyl ether of the acid dichloroacetic	R	R
Ester metílico del ácido monocloroacético - Ester méthylique de l'acide monochloroacétique - Methyl ether of the acid monochloroacetic	R	R
Eter - Éther - Ether	R a C	C
Eter de petróleo - Éther de petroleum - Petroleum ether	R	C
Eter isopropílico - Éther isopropylique - Isopropyl ether	R a C	N
Etilendiamina - Éthylèndiamine - Ethylenediamine	R	R
Etilglicol - Éthylglycol - Ethyl glycol	R	R
Fenol - Phénol - Phenol	R	R D
Fluor - Fluor - Fluorine	N	N
Fluoruro amónico, acuoso (hasta 20%) - Fluorure d'ammonium, aqueux (jusqu'à 20%) - Ammonium fluoride, aqueous (up to 20%)	R	R
Formaldehido (40%) - Formaldéhyde (40%) - Formaldehyde (40%)	R	R
Formamida - Formamide - Phonamide	R	A
Fosfato de tributilo - Phosphate de tributile - Tri butyl phosphate	R	R
Fosfatos - Phosphates - Phosphates	*R	R
Frigen - Frigen - Frigen	C	N
Gases nitrosos - Gaz nitreux - Nitrous gases	R	R
Cases industriales conteniendo - Gaz industriels, contenant		
Ácido carbónico - Acide carbonique - carbonic acid	R	R
Ácido clorhídrico (en cualquier concentración) - Acide chlorhidrique (toutes conc.) Hydrochloric acid (at any concentration)	R	R
Ácido fluorhídrico (trazas) - Acide fluorhydrique (traces) - Hydrofluoric acid (traces)	R	R
Ácido sulfúrico, húmedo (en cualquier concentración) - Acide sulfurique, humide (toutes conc.) - Sulphuric acid, wet (at any concentration)	R	R
Anhídrido sulfuroso (a baja concentración) - Anhydride sulfureux (à basse concentration) *- Sulphur dioxide (at low concentration)*	*A*	*R*
Óxido de carbono - Oxyde de carbone - Carbon monoxide	R	R
Gasolina - Essence - Petrol	R	R a C
Gelatina - Gélatine - Gelatine	R	R
Glicerina - Glycérine - Glycerine	R	R
Clicol (conc.) - Glycol (conc.) - Glycol (conc.)	R	R
Glucosa - Glucose - Glucosa	*R	R
Grasa de desecador - Graisse de sécheur - Desiccator grease	A	R
Hidrato de hidracina - Hydrate d'hydrazine - Hydrazine hydrate	R	R
Hidrógeno - Hydrogène - Hydrogen	A	R
Hidróxido de bario - hydroxide baryum - Barium Hydroxide	*A	R

AGENTE	20ºC	60ºC
Hidróxido potásico (en solución al 30 %) - Hydroxyde de potassium (en solution au 30%) - Potassium hydroxide (in a 30% solution)	R	R
Hidróxido sódico (en solución al 30%) - Hydroxyde sodium (en solution au 30%) - Sodium hydroxide (in a 30%solution)	R	R
Hipoclorito de calcio - Hypochlorite de calcium - Clacium hypochlorite	*R	R
Isoctano - Isoctane - Isoctane	R	C
Isopropanol - Isopropanol - Isopropanol	R	R
Levadura, en agua - Levure, en eau - Yeast, in water	R	R
Melaza - Mélasse - Molasses	R	R
Mercurio - Mercure - Mercury	R	R
Metanol - Méthanol - Methanol	R	R
Metilbutanol - Méthylbutanol - Methyl butanol	R	C
Metiletilcetona - Méthylétylcétone - Methyl ethyl ketone	R	C a N
Metilglicol - Méthylglycol - Methyl glycol	R	R
Nafta - Naphta - Naphta	R	C
Naftalina - Naphtaline - Naphthalene	R	C
Nitrato amónico - Nitrate d'ammonium - Ammonium nitrate	*R	R
Nitrato de plata - Nitrate d'argent - Silver nitrate	R	R
Nitrato potásico - Nitrate de potassium - Potassium nitrate	*R	R
Nitrato sódico - Nitrate de sodium - Sodium nitrate	*R	R
Nitrobenceno - Nitrobenzène - Nitrobenzene	R	C
Octilcresol - Octilcésol - Octylcresol	C	N
Oleum - Oléum - Oleum	N	N
Oxicloruro de fósforo - Oxychlorure de phosphore - Phosphorus oxychloride	R	C D
Ozono - Ozone - Ozone	C	N
Ozono en sol. acuosa (preparación para agua potable) - Ozone en sol aqueuese (préparation pour eau potable) - Ozone in salt, aqueous (preparation in drinking water)	R	
Pentóxido de fósforo - pentoxyde de phosphore - Phosphorus oxychloride	R	R
Permanganato potásico - Permanganate de potassium - Potassium permanganate	R	R D
Petróleo - Pétrole - Petroleum	R	C
Piridina - Pyridine - Pyridine	R	C
Poliglicoles - Polyglycols - Poly glycols	R	R
Potasa cáustica - Potasse caustique - Caustic Potash	R	R
Propanol - Propanol - Propanol	R	R
Propilenglicol - Propylèneglycol - Propylene Glycol	R	R
Pulpa de fruta - Pulpe de fruit - Fruit pulp	R	R
p- Xileno - P-xylène - P-xylene	C	N
Revelador fotográfico crrte. - Révélateur photographique, à conc. courante - Common photografic developer	R	R
Sales de cobre - Sels de cuivre - Copper salts	*R	R
Sales de níquel - Sels de nickel - Nickel salts	*R	R
Seudocumeno - Pseudocumène - Pseudocumen	C	C
Silicato sódico - Silicate de sodium - Sodium silicate	*R	R
Silicato soluble - Silicate soluble - Soluble silicate	R	R
Sosa cáustica - Soude caustique - Caustic soda	R	R
Sulfato amónico - Sulfate d'ammonium - Ammonium sulphate	*R	R
Sulfato de aluminio - Sulphate d'aluminium - Aluminium sulphate	*R	R
Sulfato magnésico - Sulfate de magnesium - Magnesium sulphate	*R	R
Sulfatos - Sulfates - Sulphates	*R	R
Sulfuro amónico - Sulfure d'ammonium - Amonic sulphide	*R	R
Sulfuro de carbono - Sulfure de carbone - Carbon sulphide	C	
Sulfuro Sódico - Sulfure de sodium - Sodium sulphide	*R	R
Tetrabromuro de acetileno - Tétrabromure d'acéthylene - Acetylene tetrabromide	**C a N	N
Tetracloroetano - Tétrachloroéthane - Tetrachloroethane	**R a C	N
Tetracloruro de carbono - Tetrachlorure de carbone - Carbon tetrachloride	**C a N	
Tetrahidrofurano - Tétrahydrofurane - Tetrahydrofurane	**R a C	N
Tiofeno - Thiofène - Thiophene	C	C
Tiosulfato sódico - Thiosulfate de sodium - Sodium thiosulphate	R	R
Tolueno - Toluène - Toluene	C	N
Tricloroetileno - Trichloroéthylène - Ethylene trichloride	**C a N	N
Tricluoruro de antimonio - Trichlorure d'antimoine - Antimony thricloride	R	R
Tricloruro de fósforo - Trichlorure de phosphore - Phosphorus Trichloride	R	C
Trietanolamina - Triéthanolamine - Triethanolamine	R	R
Urea - Urée - Urea	*R	R
Vapores de bromo - Vapeurs de brome - Bromine vapours		C
Vaselina - Vaseline - Petroleum jelly	**R a C	C
Vinagre a concentración crrte. - Vinaigre, à conc. courante Vinegar, at common conc.	R	R

* soluciones acuosas a cualquier concentración
* solutions aqueuses pour toutes concentrations
* Aqueous solutions at any concentration.
** con un esfuerzo mecánico reducido
** avec une contraine mécanique réduite
** with reduced mechanical stress



1.4.4. ESTABILIDAD FRENTE A LA LUZ Y A LA INTEMPERIE

Cuando un material se almacena a la intemperie, y se expone a las inclemencias climáticas y medioambientales, sufre deterioro, que se acentúa por la acción de los rayos ultravioletas. Los plásticos no son ajenos a esta circunstancia, y les afecta tanto la luz solar como el mismo oxígeno del aire.

Para evitar estos inconvenientes, se dota a REPOLEN®, tanto al PE 80 como al PE 100, de un colorante negro humo denso, que contiene además, estabilizadores que contrarrestan su eventual envejecimiento térmico. El color negro adicionado es la protección más eficaz frente a las radiaciones UV. Ello garantiza su almacenamiento prolongado incluso a la intemperie, sin sufrir alteraciones en sus propiedades.

En la figura 8 se muestran los resultados obtenidos en la medición de esfuerzos permanentes realizadas en tuberías negras de polietileno, almacenadas durante 18 años al aire libre, sometidas además a la acción directa del sol. Como puede verse en la gráfica, no se aprecia deterioro en dichas tuberías.

1.4.4. STABILITÉ FACE À LA LUMIÈRE ET AUX INTEMPÉRIES

Lorsqu'un matériau est stocké à l'extérieur et donc exposé aux intempéries et aux conditions environnementales il éprouve une dégradation accentuée par l'action des rayons ultraviolet. Les matériaux plastiques n'en sont pas épargnés: en effet, la lumière du soleil et l'oxygène de l'air contribuent à ce processus de dégradation.

Pour minimiser ce phénomène, le PE-80 comme le PE-100 de REPOLEN® sont enduits d'un colorant noir fumée dense contenant en outre des stabilisants qui atténuent leur éventuel vieillissement thermique. La couleur noire ajoutée est le garant de la protection la plus efficace face aux radiations UV. Cela permet un stockage prolongé du matériau même à l'extérieur sans que ses propriétés en soient altérées.

Dans la figure 8 sont représentés les résultats obtenus lors du mesurage des contraintes permanentes réalisé sur des tubes noirs en polyéthylène après avoir été stockés à l'air libre durant 18 ans et soumis à une insolation directe. Au vu du graphique, aucun dommage des tubes n'a été constaté.

1.4.4. STABILITY WHEN EXPOSTED TO SUNLIGHT AND THE ELEMENTS

Any material deteriorates when it is stored outdoors and is exposed to the elements, especially UV rays. Plastics are not an exception and they are affected by sunlight as well as by the oxygen in the air.

To prevent this deterioration, PE 80 and PE 100 REPOLEN® are provided with a thick smoky black colouring that contains stabilizers that counteract the eventual thermal aging. The added black colour is the most efficient protection against UV rays, which guarantees its long-term storage, even outdoors, without any alterations of its properties.

Figure 8 shows the results obtained after measuring permanent stresses applied to black polyethylene pipes stored outdoors for 18 years, subjected also to direct sunlight. As can been seen in the graphic, no deterioration was recorded in the pipes.

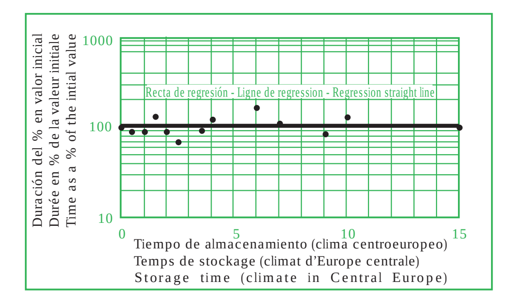


Fig. 8: Comportamiento de las tuberías negras de polietileno frente a los esfuerzos permanentes, tras haberse almacenado a la intemperie
Comportement des tubes noirs en polyéthylène face aux contraintes permanentes après stockage à l'extérieur.
Behaviour of black polyethylene pipes under permanent stresses after being stored outdoors.

1.4.5.- RESISTENCIA A LAS RADIACIONES

En principio, las tuberías de polietileno, resisten radiaciones de alta energía, y ya se emplean como desagües de aguas radiactivas a alta temperatura procedentes de laboratorios y de áreas de refrigeración de centrales nucleares. Las conducciones de PE no se vuelven radioactivas con el paso de los años, a pesar de que los vertidos con radiación contienen rayo beta y gamma, mientras la dosis de radioactividad no sobrepase los 10 Kj/Kg.

1.4.5.- RÉSISTANCE AUX RADIATIONS

Les tubes en polyéthylène sont censés résister aux radiations de haute énergie et sont désormais utilisés en tant que sorties d'eaux radioactives à haute température en provenance des laboratoires et des zones de réfrigération des centrales nucléaires. Même si les rejets radioactifs comportent des rayons bêta et gamma, les conduites en PE ne deviennent pas radioactives au fil des ans à condition que le taux de radioactivité ne soit pas supérieur à 10kj/Kg.

1.4.5- RESISTANCE TO RADIATION

In principle, polyethylene pipes are resistant to high-energy radiation, as they are used for draining high temperature radioactive water coming from laboratories and nuclear plant cooling areas. PE pipes do not become radioactive over the years, even though nuclear waste contains beta and gamma rays, as long as the dosage does not exceed 10 kj/kg.

1.5.- Características térmicas

En las figuras 9 y 10 adjuntas, se representan respectivamente el "Coeficiente lineal de dilatación térmica del PE en función de la temperatura" y la "Capacidad térmica específica".

En ésta figura (10) puede observarse como la zona de fusión se caracteriza por un máximo pronunciado, que se sitúa a una temperatura más alta y es más pronunciado cuanto mayor sea el grado de cristalinidad y, por tanto, la densidad.

1.5.- Caractéristiques thermiques

Dans les figures 9 et 10 ci-contre sont respectivement représentés le "coefficient linéaire de dilatation thermique du PE en fonction de la temperature" et la "capacité thermique spécifique".

Dans cette dernière figure (10), on peut observer que la zone de fusion est caractérisée par une cote maximale prononcée, située à une température d'autant plus élevée et prononcée que le taux de cristallinité et donc la densité le sont aussi.

1.5.- Thermal properties

Figures 9 and 10 show "PE's coefficient of linear thermal expansion in relation to temperature" and the "specific thermal capacity" respectively.

This figure (10) shows how the welding area is characterized by a pronounced maximum that corresponds to a higher temperature and increases with crystallinity and therefore with density.

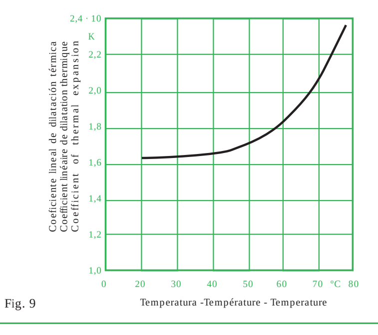


Fig. 9

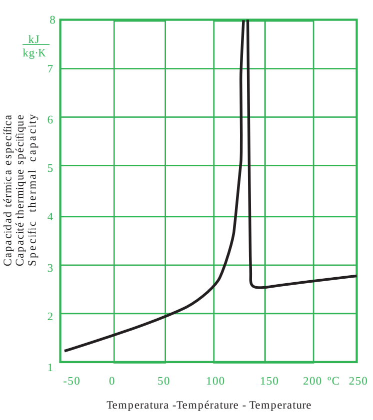


Fig. 10

1.6.- Características biológicas

1.6.1.- COMPORTAMIENTO FRENTE A MICROORGANISMOS, ROEDORES Y TERMITAS

Está comprobado que los roedores mantienen su dentadura en forma mordiendo todo lo que está a su alcance, y hasta la fecha no se conocen casos de que tuberías de PE hayan sufrido sus efectos. La misma conclusión se extrae de los ensayos realizados en Australia donde abundan las termitas. Tampoco en los países africanos asolados por dichos insectos han producido desperfectos en las tuberías de PE. No se conocen aditivos que reduzcan o impidan por completo las mordeduras.

El REPOLEN® es resistente, además, a cualquier corrosión microbiana, pues no constituye terreno de cultivo adecuado para la proliferación de bacterias, hongos, esporas, etc.

Cabe señalar también que las bacterias reductoras de sulfatos existentes en el subsuelo no ejercen ninguna influencia sobre los tubos de PE80 y PE100, ya que el REPOLEN® es resistente a los sulfatos y al ácido sulfuroso

1.6.2.- EVALUACIÓN SEGUN LAS LEYES ALIMENTARIAS

La Comisión Europea elabora Regulaciones para los plásticos en contacto con alimentos, que deben luego ser admitidas por los Estados Miembros. Hasta la fecha, se han publicado las Normas 90/128/CEE, 92/39/CEE y 93/9/CEE para monómeros.

Precisamente, la materia prima constituyente del REPOLEN® Tubería para exteriores, son monómeros que cumplen la Norma Europea, y están reconocidos como válidos también por la Administración de EEUU (FIDA, Food and Drug Administration).

Los monómeros del REPOLEN® entran también en las directrices de las denominadas Recomendaciones KTW (dictadas por el Instituto para la evaluación de plásticos) alemanas para instalaciones públicas de agua potable.

Los ensayos efectuados por el Instituto Fresenius (Taunusstein), demuestran que la tubería negra fabricada en PE80 y PE100 es apta para transportar agua mineral sin alterar su sabor.

1.6.- Características biológicas

1.6.1.- COMPORTEMENT FACE AUX MICROORGANISMES, RONGEURS ET TERMITES

Nous le savons, les rongeurs entretiennent leur dentition en rongeant tout ce qui leur passe sous la dent, c'est le cas de le dire.

Néanmoins, à ce jour aucun cas de réseau de distribution atteint par l'action des rongeurs n'a été rapporté. Il en va de même des essais menés en Australie, de même qu'en Afrique, continents où sévissent les termites. En dépit de cela, il n'existe pas de produit additif à même de réduire ou empêcher complètement les morsures.

REPOLEN® est résistant, également, à toute corrosion microbienne car ses propriétés en font un rempart face aux bactéries, champignons, spores, etc.

Il faut aussi signaler que les bactéries réductrices de sulfates présentes dans le sous-sol ne sont pas en mesure de nuire aux tubes en PE-80 et PE-100 car REPOLEN® se révèle résistant aux sulfates ainsi qu'à l'acide sulfureux.

1.6.2.- ÉVALUATION AU REGARD DES LOIS ALIMENTAIRES

La Commission européenne établit régulièrement des normes sur les matériaux et objets plastiques en contact avec les denrées alimentaires. Ces normes constituent une réglementation qui doit, par la suite, être adoptée par les pays membres. À ce jour, parmi les normes publiées, nous comptons les normes 90/128/CEE et 93/9/CEE sur les monomères.

La matière première constituante de REPOLEN® Tube pour usage extérieur sont précisément les monomères respectant la norme européenne, agréés aussi par l'administration des États-Unis (FDA, Food and Drug Administration).

Les monomères de REPOLEN® ont aussi été validés par les directives des dénommées recommandations KTW, édictées par l'Institut d'Hygiène en Allemagne, sur les installations publiques d'eau potable.

Les essais réalisés par l'Institut Fressenius (Taunusstein) démontrent que les tubes noirs fabriqués en PE-80 et en PE-100 sont appropriés au transport d'eau minérale sans en altérer le goût.

1.6.- Características biológicas

1.6.1.- BEHAVIOUR WHEN EXPOSED TO MICROORGANISMS, RODENTS AND TERMITES

It has been confirmed that rodents keep their teeth in good shape by biting everything they find, however to date no case has been reported of PE pipes suffering from damage from rodents. The same conclusions have been drawn from tests carried out in Australia, where there is an abundance of termites. Termites have not damaged PE pipes in African countries either, where they are also plentiful. There are no additives that reduce or completely prevent their bites.

REPOLEN® is also resistant to any kind of microbial corrosion, as bacteria, fungus, spores, etc. do not proliferate on its surface.

It is also worth mentioning that sulphate-reducing bacteria that live in the subsoil do not affect PE80 or PE100 tubes, as REPOLEN® is resistant to sulphates and sulphurous acid.

1.6.2 ASSESSMENT ACCORDING TO ALIMENTARY LAWS

The European Commission determines regulations for plastics in contact with food that must be endorsed by Member States. To date, Standards 90/128/EEC, 92/39/EEC and 93/9/EEC for monomers have been published.

REPOLEN® Outside Pipes are in fact made of monomers that comply with the European standards and are also approved by the US Food and Drug Administration (FDA).

REPOLEN® monomers also fulfil the directives known as KTW Recommendations (issued by the German Plastic Evaluation Institute) for public drinking water installations.

Tests carried out by the Fresenius (Taunusstein) Institute have shown that black PE 80 and PE 100 pipes are suitable for conveying mineral water without altering its flavour.

2.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS TUBERÍAS DE PE

2. 1.- Clasificación y definición de los tubos de polietileno

La progresiva incorporación de nuevos tipos de PE desarrollados en los últimos años y con unas propiedades mejoradas con respecto a los PE tradicionales, ha hecho que el Comité Europeo de Normalización (CEN) haya realizado una clasificación de los tubos.

De acuerdo con ella, hay una serie de conceptos que determinan la clasificación de los tubos.

- Límite Inferior de Confianza (σ_{LCL})
Es el valor de la tensión tangencial, expresado en megapascales (MPa), que puede ser considerado como una propiedad del material y que representa el 97,5 % de la resistencia media a largo plazo a 20ºC durante 50 años con presión hidráulica interna.

- Tensión mínima requerida (MRS)

Es el valor Límite Inferior de Confianza (LCL) redondeado al valor inferior más próximo de:

- La serie de números de Renard R 10 si el LCL es inferior a 10 M Pa.

- La serie de números de Renard R20 si el LCL es superior a 10 M Pa.

Según ISO 3 e ISO 497

- Coeficiente de servicio (Diseño) o factor de seguridad (C)
Es un coeficiente con un valor superior a la unidad, y que considera las condiciones de servicio, así como las propiedades de los componentes de los sistemas de las tuberías que no se han tenido en cuenta en el cálculo del σ_{LCL}. El valor mínimo considerado para el polietileno es de 1,25.

- Tensión de diseño (σ_s)
Es la tensión admisible para una aplicación determinada, expresada en megapascales, y que se obtiene dividiendo el valor del MRS entre el coeficiente C, y redondeando al valor más próximo de la serie R20, ya que C= MRS/σ_s

2.- CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES TUBES EN PE

2.1.- Classification et définition des tubes en polyéthylène

L'incorporation progressive de nouveaux types de PE développés au cours de ces dernières années et possédant des propriétés améliorées par rapport aux PE traditionnels a conduit le Comité européen de normalisation (CEN) à établir une classification des divers types de tubes.

Une série de critères définit cette classification des tubes :

- Limite inférieure de confiance (σ_{LCL})
C'est la valeur de la tension tangentielle, exprimée en mégapascals (MPa), qui peut être considérée comme une propriété du matériel et qui représente 97,5% de la résistance moyenne sur une longue durée, 50 ans, à 20ºC avec pression hydraulique interne.

- Résistance minimale spécifique (MRS)
Valeur de L.C.L. arrondie à la valeur inférieure la plus proche dans:

- La série R10 lorsque la L.C.L. est inférieure à 10 MPa

- La série R20 lorsque la L.C.L. est supérieure à 10 MPa.

Selon ISO 3 et ISO 497

- Coefficient de service (conception) ou facteur de sécurité (C).
Coefficient dont la valeur est supérieure à l'unité, et qui tient compte des conditions de service ainsi que des propriétés des composants du réseau de distribution négligés dans le calcul de la σ_{LCL} La valeur minimale estimée pour le polyéthylène est de 1,25.

- Contrainte de conception (σ_s)
Contrainte admissible pour un type concret d'exploitation exprimée en Mégapascals et obtenue en divisant la valeur du MRS par le coefficient C, arrondie à la valeur la plus proche de la série R20, car C= MRS/σ_s.

2.- GENERAL PROPERTIES OF PE PIPES

2.1.- Classification and designation of polyethylene tubes

The progressive incorporation of new types of PE developed in recent years with improved properties has led the European Committee for Standardization (CEN) to devise a classification system for tubes.

The classification of tubes is based on several factors:

- Lower Confidence Limit (σ_{LCL})
It is the value of tangential strain expressed in megapascals (MPa), which can be considered as a property of the material and represents 97.5% of the lower confidence limit of the long-term hydrostatic stress for 50 years working at 20ºC.

- Minimum Required Strength (MRS)
It is the Lower Confidence Limit (LCL) rounded off to the lower value closest to:

- Renard's R10 number series if LCL is lower than 10 MPa

- Renard's R20 number series if LCL is greater than 10 MPa.

According with ISO 3 and ISO 497

- In-service (design) coefficient or safety factor (C).
This coefficient is a value greater than one that takes into consideration service conditions as well as the properties of the pipe system components that have not been taken into account in the calculation of σ_{LCL}. The minimum value this coefficient can assume in the case of polyethylene is 1.25.

- Design stress (σ_s)
This is the allowable stress for a particular application expressed in megapascals and is obtained by dividing the MRS value by the C coefficient and rounding it off to the value closest to the R20 series, as C=MRS/σ_s

Tabla 6: Características generales de las tuberías de polietileno
*)C=1,25

Caractéristiques générales des tubes en polyéthylène
*)C = 1,25

General properties of polyethylene pipes.
*)C=1,25

Tipo PE según ISO y CEN Type PE selon ISO et CEN *PE type according to ISO and CEN*	MRS (Mpa) MRS (MPa) *MRS (Mpa)*	(ss) (Mpa) * (ss) (Mpa) * *(ss) (Mpa) **
PE 40	4,0	3,2
PE 63	6,3	5,0
PE 80	8,0	6,3
PE 100	10,0	8,0

Otras definiciones referidas a la tubería:

- *Diámetro Nominal (DN)*

Es un número convencional, expresado en mm, que coincide teóricamente con el diámetro exterior de los tubos.

- *Presión Nominal (PN)*

Es un número convencional, expresado en MPa o Bar que coincide con la presión máxima de trabajo a 20ºC.

- *Relación Dimensión Standard (SDR)*

Es el cociente entre el diámetro exterior nominal (DN) y el espesor nominal (e).

$$SDR = \frac{DN}{e}$$

- *Serie de tubería (s)*

Es un número utilizado en la designación de la tubería de acuerdo con la ISO 4065.

La relación entre la serie y SDR es:

$$s = \frac{SDR - 1}{2}$$

Autres définitions en rapport avec le tube

- *Diamètre nominal (DN)*

Quantité conventionnelle exprimée en mm et théoriquement équivalente au diamètre extérieur du tube

- *Pression nominale (PN)*

Quantité conventionnelle exprimée en MPa ou en bars et théoriquement équivalente à la pression maximale de travail à 20ºC.

- *Rapport dimensionnel standardisé (SDR)*

Quotient entre le diamètre extérieur nominal (DN) et l'épaisseur nominale (e).

$$SDR = \frac{DN}{e}$$

- *Série du tube (s)*

Numéro utilisé pour désigner le tube conformément à la norme ISO 4065.

Le rapport entre la série et le SDR est le suivant:

$$s = \frac{SDR - 1}{2}$$

Other designations related to the pipe:

- *Nominal Diameter (ND)*

This is a conventional number expressed in mm that in theory is the same as the outer diameter of the tubes.

- *Nominal Pressure (NP)*

This is a conventional number expressed in MPa or Bar that is the same as the maximum operating pressure at 20ºC.

- *Standard Dimension Ratio (SDR)*

This is the ratio between the nominal outer diameter (ND) and the nominal thickness (e).

$$SDR = \frac{DN}{e}$$

- *Pipe series (s)*

This is a number used to designate the pipe according to ISO 4065.

The relation between the series and the SDR is:

$$s = \frac{SDR - 1}{2}$$

Tabla 7

RELACIÓN ENTRE MRS, σ_s, Y EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD (C) RAPPORT ENTRE MRS, σ_s ET COEFFICIENT DE SÉCURITÉ (C) RELATION BETWEEN MRS, σ_s, AND THE SAFETY FACTOR (C)				
$C = MRS / \sigma_s$				
PE	100	80	63	40
Tensión mínima requerida MRS (Mpa) Résistance minimale spécifique MRS (MPa) Minimum requerired pressure	10	8	6,3	4
Tensión de diseño σ_s (Mpa) Contrainte conception de σ_s (MPa) Design stress σ_s (Mpa)	Coeficiente de seguridad (C) Coefficient de sécurité (C) Safety factor (C)			
8	1,25			
6,3	1,6	1,25		
5	2	1,6	1,25	
3,2	2,5	2,5	2	1,25

2.2.- Propiedades de las tuberías

Desde que el polietileno fue introducido por primera vez, ha incrementado considerablemente su mercado en el sector de las tuberias de presión. Las razones de este incremento, deben encontrarse en las propiedades de los tubos de PE, como la resistencia a la corrosión, la flexibilidad, la soldabilidad, la resistencia química y las técnicas de instalación rápidas y sencillas que proporcionan un ahorro económico importante.

Ahora, REPOLEN® Tubería para exteriores, representa una nueva generación de material PE-80 y PE-100 para tuberías, los cuales, además de conservar las propiedades que han hecho prosperar al PE, proporcionan un sistema de tuberías más competitivo, abriendo, además, nuevas posibilidades en la aplicación del PE en las que hasta ahora no se podía utilizar

Para hablar de las primeras generaciones de tuberías de polietileno nos remontamos al 1968 cuando empezó a utilizarse el PE-32 en la fabricación de tubos para redes de transporte y distribución de agua. Hacia el 1975 apareció la segunda generación, PE-50A y PE-50B.

En la actualidad las aplicaciones de las tuberías de polietileno se han incrementado, dando lugar a materiales que favorecen más la competitividad a presiones elevadas y con espesores de pared inferiores, PE-80 y PE-100.

Veamos en líneas generales el comportamiento de la tubería de PE en función del tiempo y en función de la temperatura.

Para determinar los límites de resistencia del polietileno a las cargas constantes, se debe estudiar y examinar su comportamiento mecánico durante un largo plazo.

Generalmente, resulta necesario establecer la curva de resistencia en función del tiempo y los límites de dilatación permanente del material de que se trate.

Para determinar la resistencia, en función del tiempo, de las tuberías de polietileno, se deben realizar ensayos a temperaturas de 20, 35, 50, 65 y 80ºC. En estos, el tubo objeto de las pruebas se llena de agua a la temperatura de ensayo y se introduce en un baño de agua que también está a la temperatura de ensayo, después se le somete a la presión de ensayo definida.

Llevando en escalas logarítmicas la presión al eje de ordenadas y la presión interna de los tubos probeta al eje de abscisas, se obtienen las llamadas curvas de regresión, que extrapoladas a largo plazo por el método de Arrhenius según la norma lSO/DTR/9080 nos dan el comportamiento de las tuberías de PE.

A los tubos se les exige una vida útil de cómo mínimo 50 años, al cabo de la cual debe quedar todavía un coeficiente de seguridad. En los dos gráficos siguientes se indican las curvas de regresión de tuberías de PE 80 Y PE 100 (ver página siguiente).

2.2.- Propriétés des tubes

Depuis son introduction, le polyéthylène a vu augmenter notablement sa part de marché dans le secteur des tubes pression. Des propriétés telles sa résistance à la corrosion, sa souplesse, sa soudabilité, sa résistance chimique et la simplicité et rapidité des procédés de pose, fournissant un remarquable retour sur investissement, sont sans doute à l'origine de l'expansion de ce matériau.

Désormais, REPOLEN® Tube pour usage extérieur se pose en étendard d'une nouvelle génération de matériaux PE-80 et PE-100 pour conduites qui au-delà des qualités qui ont fait l'essor du polyéthylène, fournissent un réseau de distribution plus compétitif, tout en ouvrant de nouvelles voies d'utilisation du PE jusqu'ici inexploitées.

Pour parler des premières générations de tubes en polyéthylène il nous faut remonter en 1968, lorsque l'exploitation du PE-32 pour des réseaux de transport et distribution d'eau a débuté. La deuxième génération, PE-50A et PE-50B ne s'est fait jour que plus tard vers 1975.

De nos jours, le nombre d'applications des tubes en polyéthylène s'est élargi tout en donnant lieu à des matériaux extrêmement performants sous haute pression et aux épaisseurs de paroi plus réduites : PE-80 et PE-100.

Nous traiterons ensuite, dans les grandes lignes, le comportement du tube en polyéthylène en fonction du temps et de la température. Tout d'abord, en vue de déterminer les limites de résistance du polyéthylène aux charges constantes, nous devrons étudier le comportement mécanique de ce matériau sur le long terme.

Il est généralement nécessaire d'établir une courbe de résistance en fonction du temps et des limites de dilatation permanente du matériau en question.

Afin de déterminer la résistance du tube en polyéthylène en fonction du temps, on doit réaliser des essais à 20, 35, 50, 65 et 80ºC. Le tube objet des expériences est rempli d'eau à la température d'essai choisie puis introduit dans un bain d'eau à cette même température. Il est ensuite soumis à la pression d'essai définie.

En transposant sous forme de logarithmes la pression sur l'axe des ordonnées et la pression intérieure des tubes éprouvette sur l'axe des abscisses, on obtient les dénommés courbes de régression. Extrapolées à long terme par la méthode d'Arrhenius en accord avec la norme ISO/DTR/9080, ces courbes nous permettent d'observer le comportement des tubes en PE.

Une durée de vie utile d'au moins 50 ans est exigée aux tubes. À l'échéance de cette période, un certain coefficient de sécurité doit être préservé. Dans les deux graphiques des pages suivantes sont représentées les courbes de régression des tubes PE-80 et PE-100.

2.2.- Properties of the pipes

Since polyethylene was introduced, its market has expanded significantly in the pressure rated pipes sector. The reasons for this expansion can be found in the properties of PE tubes, such as resistance to corrosion, flexibility, weldability, chemical resistance and quick and easy installation that allows an important reduction in costs.

Now REPOLEN® Outside Pipes represent a new generation of PE 80 and PE 100 material for pipes that, apart from maintaining the properties that have made PE prosper, provide a more competitive pipe system, also opening new possibilities for PE applications that had not been possible until now.

In order to talk about the first generations of polyethylene pipes we must go back to 1968 when PE 32 was used for the first time in the manufacture of pipe networks for conveying and distributing water. Around 1975 the second generation appeared: PE 50A and PE 50B.

Nowadays, applications of polyethylene pipes have increased thanks to materials that support higher pressures with thinner walls: PE 80 and PE 100.

Let's see an overview of the behaviour of PE pipes in relation to time and temperature.

To determine the limits of polyethylene's resistance to permanent loads we must examine and analyse its long-term mechanical behaviour.

Usually, it is necessary to establish a resistance curve taking into account time and the limits of permanent thermal expansion of the material in question.

To determine the resistance of polyethylene pipes in relation to time, we must analyse the results of tests at temperatures of 20, 35, 50, 65 and 80∫C. During these tests, the tube is filled with water at one of these temperatures and immersed in water at that same temperature, and then is subjected to the pressure specified for the test.

Regression curves are created plotting outside pressure algorithmic scales on the y-axis against internal pressure scales on the x-axis. When extrapolated for a long period of time using the Arrhenius method according to the ISO/DTR/9080 standard, they provide us with the behaviour of PE pipes.

Tubes are required a minimum service life of 50 years, at the end of which there must be a certain safety factor left. The next two graphics show the regression curves of PE 80 and PE 100 (see next page).



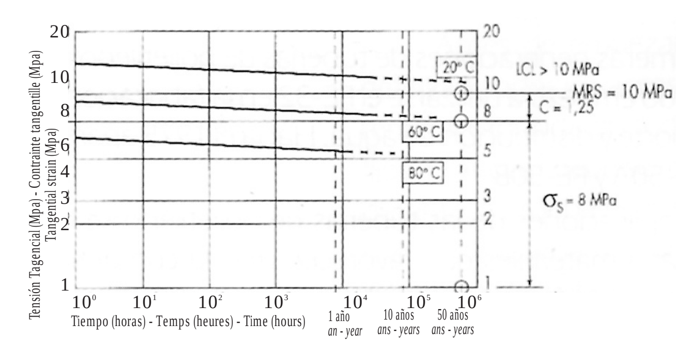



Figura 11: Curva de regresión de las tuberías de PE 80
Courbe de régression donne tubes en PE-80.
Regression curve of PE 80 pipes

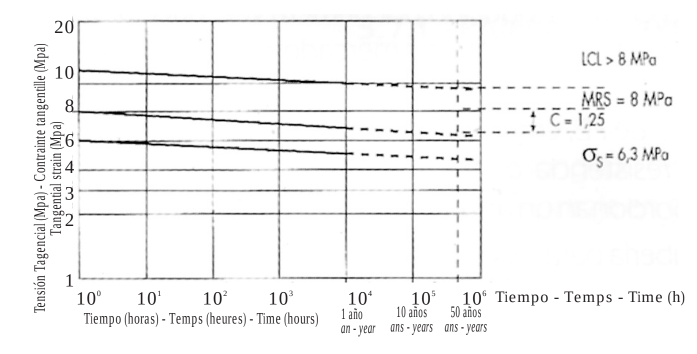


Figura 12: Curva de regresión de las tuberías de PE 100
Courbe de régression donne tubes en PE-100.
Regression curve of PE 100 pipes

En ambos gráficos se pueden ver los valores del límite inferior de confianza (LCL), resistencia o tensión mínima requerida (MRS), tensión de diseño σ_s, y coeficiente de seguridad C, que se espera tengan las tuberías de PE 80 y PE 100 al cabo de los cincuenta años.

2.3. - Aplicaciones del sistema REPOLEN®

CAMPO DE APLICACIÓN

1.- Abastecimiento de poblaciones

2.- Distribución urbana de agua potable

3.- Acometidas y montajes

4.- Riego

5.- Trasvase y conducción de líquidos alimenticios, químicos, etc.

6.- Industria y minería

7.- Conducción de aguas residuales a presión

8.- Conducciones de gas

2.4.- Ventajas del sistema REPOLEN®

VENTAJAS

A.- Peso muy reducido con relación a su volumen

B.- Fácil transporte y tendido

C.- Optima flexibilidad, facilita su manipulación

D.- Resistente a agentes, atmósferas y suelos agresivos

E.- Pérdida de carga por rozamiento casi nula

F.- Insensibles a la congelación

G.- Ausencia de sedimentos e incrustaciones

H.- Fácil montaje e instalación

I.- Suministro en grandes longitudes

Dans les deux graphiques ci-contre nous pouvons observer les valeurs de la limite inférieure de confiance (LCL), de la résistance minimale spécifique (MRS), de la contrainte de conception σ_s, et du coefficient de sécurité C escomptés pour les tubes PE-80 et PE-100 après une période de 50 ans.

2.3.- Applications du système REPOLEN®

DOMAINES D'APPLICATION

1.- Approvisionnement aux municipalités

2.- Approvisionnement urbain en eau potable

3.- Réseaux de distribution et installations

4.- Systèmes d'irrigation

5.- Transvasement et canalisation de liquides alimentaires, chimiques, etc.

6.- Industrie et exploitation minière

7.- Canalisation d'eaux usées sous pression

8.- Conduite de gaz

2.4.- Avantages du système REPOLEN®

AVANTAGES

A.- Poids très réduit par rapport à son volume

B.- Transport et épandage aisés

C.- Souplesse optimale qui en facilite la manipulation

D.- Résistance aux agents, atmosphères et sols agressifs

E.- Perte de charge par frottement inappréciable

F.- Insensibilité à la congélation

G.- Absence de sédiments et de tartre

H.- Montage et installations simples

I.- Approvisionnement à grande échelle

Both graphics show the values of the lower confidence limit (LCL), the minimum required strength or stress (MRS), the design stress ss and the safety factor C that PE 80 and PE 100 pipes are expected to have after 50 years.

2.3.- REPOLEN® system applications

APPLICATION SCOPE

1.- Supply to villages, towns and cities

2.- Urban distribution of drinking water

3.- Intakes and assemblies

4.- Irrigation

5.- Transferring and conveying alimentary, chemical and other types of liquids

6.- Industry and mining

7.- Conveying waste water under pressure

8.- Conveying gas

2.4.- Advantages of the REPOLEN® system

ADVANTAGES

A.- Very light weight in relation to volume

B.- Easy transport and laying

C.- Optimal flexibility, which facilitates handling

D.- Resistant to aggressive agents, environments and soils

E.- Load loss due to friction almost nill

F.- Frost tolerant

G.- No sediments or incrustations

H.- Easy to assemble and install

I.- Available in long sections

3.- ALMACENAJE, MANEJO Y TRANSPORTE

3.1.-Almacenaje

Las tuberías de polietileno pueden ser almacenadas bajo techo o al descubierto, ya que están debidamente protegidas de la acción solar por la adición de negro de carbono.

Los rollos pueden ser almacenados en posición horizontal, unos encima de otros y en el caso de almacenarlos verticalmente se pondrá uno solo.

Las barras pueden ser almacenadas sobre estantes horizontales, disponiendo el apoyo necesario para evitar su deformación. La altura máxima apilada de los tubos, no debe exceder de 1,5 m para que no haya deformación tanto en casos de rollos como el de barras.

Las tuberías almacenadas deben estar situadas de forma tal que combustibles, disolventes, pinturas agresivas, etc., no entren en contacto con las mismas. No debe permitirse el almacenaje de tuberías en zonas donde puedan tener contacto con tuberías de vapor o agua caliente, y deben ser mantenidas separadas de superficies con temperaturas superiores a 50ºC.

3.2.- Manejo

El Polietileno es un material flexible y resistente. No obstante deben evitarse prácticas tales como arrastrar los rollos sobre el suelo áspero o el contacto con objetos de filo cortante.

Si debido al manejo o almacenaje defectuosos, una tubería resulta dañada o con dobleces, la porción afectada debe ser suprimida completamente. Las bajas temperaturas no dan lugar a tomar precauciones especiales en el manejo de las tuberías de polietileno.

3.3.-Transporte

Los vehículos deben estar provistos de un plano horizontal llano, libre de clavos y otros elementos que puedan dañar las tuberías.

Las tuberías se acondicionan sobre el vehículo sin utilizar cables metálicos ni cadenas que estén en contacto con las tuberías. En posición vertical no se colocarán unos rollos encima de otros.

Durante el transporte no deben situarse otras cargas encima de los tubos para que no se produzcan deformaciones.

3.- STOCKAGE, MANIPULATION ET TRANSPORT

3.1.- Stockage

Les tubes en polyéthylène peuvent être stockés à couvert ou à l'air libre car dûment protégés de l'insolation directe par l'enduction de noir de carbone.

Les couronnes sont susceptibles d'être stockées horizontalement, empilées les unes sur les autres. En cas de stockage vertical, l'empilage est déconseillé.

Les barres peuvent être stockées sur des étagères horizontales à l'aide de supports appropriés pour éviter toute déformation, la hauteur maximale d'empilage des tubes à respecter étant de 1,5 m.

Les tubes stockés doivent être disposés de telle sorte qu'aucun combustible, solvant, peinture agressive, etc. ne puisse entrer en contact avec eux. Le stockage dans des zones où il existe des risques de contact avec des conduites de vapeur ou d'eau chaude doit être interdit et les tubes tenus à l'écart de toute surface dont la température est supérieure à 50ºC.

3.2.- Manipulation

Le polyéthylène est un matériau souple et résistant. Toutefois, des pratiques telles le charriage des couronnes sur des sols rugueux ou le contact avec des objets tranchants doivent être évitées.

Si un tube est endommagé ou tordu en raison d'une manipulation ou un stockage défectueux, la partie concernée doit être complètement supprimée.

Les basses températures ne demandent aucune précaution particulière en ce qui concerne la manipulation des tubes en polyéthylène.

3.3.- Transport

Les véhicules doivent disposer d'une surface horizontale plane, exempte de clous ou de tout autre élément pouvant endommager les tubes.

Les tubes sont placés sur le véhicule sans utiliser de câble métallique ni de chaîne en contact avec eux. L'empilage est déconseillé en cas de stockage vertical.

Lors du transport, aucune autre charge ne doit être déposée sur les tubes afin d'éviter toute déformation.

3.- STORAGE, HANDLING AND TRANSPORT

3.1.-Storage

Polyethylene pipes can be stored indoors or outdoors, as they are adequately protected from the effects of sunlight by adding carbon to make them black.

Rolls can be stored horizontally on top of each other but not if stored vertically.

Bars can be stored on horizontal shelves with enough supporting surface to avoid deformation. The maximum height tubes can be piled up to is 1.5 m, otherwise they will deform. This applies to rolls as well as bars.

Stored pipes must be placed where fuels, solvents, aggressive paints, etc are not in contact with them. They must not be stored where they can come in contact with vapour or hot water, and they must be kept away from surfaces over 50ºC.

3.2.- Handling

Polyethylene is a flexible and resistant material. Nevertheless, rolls must not be dragged along rough floors or put in contact with sharp objects.

If due to inappropriate handling or storage a pipe is damaged or bent, the affected section must be completely rejected. When handling pipes at low temperatures, no special precautions are required.

3.3.- Transport

Vehicles must have a flat horizontal surface free of nails and other elements that might damage the pipes.

Pipes must be arranged inside the vehicle without the use of metallic cables or chains. If placed in a vertical position, rolls must not be piled up.

During transportation no loads must be placed on top of the tubes, to prevent deformation.





4.- CÁLCULO DE TUBERÍAS

4.1.- Características de las conducciones

Las aplicaciones que se pueden dar a una tubería, al transportar un fluido líquido o gaseoso, son diversas. Cualquier tubería destinada a esta función se puede considerar como una conducción, aunque este nombre, como tal, suele aplicarse a la tubería de transporte o trasvase de agua entre dos puntos, indiferentemente de la energía que se utilice para producir el desplazamiento del agua.

La circulación por el interior de la tubería se logra siempre por alguno de los medios siguientes:

- Circulación por gravedad

Cuando el sentido del líquido es descendente y se aprovecha el propio desnivel de la tubería.

- Circulación impulsada

Cuando el sentido del líquido es ascendente y tiene que vencerse el desnivel de la tubería, efectuándose la impulsión por medio de un grupo de bombeo.

- Circulación por gravedad e impulsión

En aquellos casos que, circulando el líquido en sentido descendente, se requiere además un aumento de presión como consecuencia del desnivel insuficiente.

Las instalaciones, en sus aplicaciones más habituales, pueden clasificarse en:

A.- Instalaciones de tuberías a presión (tubería completamente llena).

- Conducciones (trasvase entre dos puntos)
- Redes de distribución
- Riegos
- Emisarios submarinos.

B.- Instalaciones de tuberías sin presión (tubería parcialmente llena).

- Evacuación de aguas residuales en interiores de edificios
- Evacuación horizontal de aguas residuales.

4.- CALCUL DES VALEURS EN RAPPORT AUX TUBES

4.1.- Caractéristiques des conduites

Les applications que peut fournir une conduite transportant un fluide liquide ou gazeux sont multiples. Tout tube destiné à cette fonction peut être considéré comme une conduite. Or, à proprement parler, ce nom est généralement réservé aux tubes transportant ou transvasant de l’eau entre deux points, quelle que soit l’énergie mise en jeu pour réussir à déplacer l’eau.

La circulation à l’intérieur du tube est toujours assurée à l’aide de l’un ou l’autre des moyens ci-après énoncés :

- Écoulement par gravité

Lorsque le sens de l’eau est descendant et que le dénivellement du tube est lui-même mis à profit.

- Écoulement par pompage

Lorsque le sens du liquide est ascendant et que le dénivellement du tube doit être franchi à l’aide d’un groupe de pompage.

- Écoulement par gravité et par pompage

Le liquide coule en sens descendant mais la mise à contribution d’une pression accrue est toutefois requise en raison d’un dénivellement insuffisant.

En fonction des utilisations les plus habituelles, il existe plusieurs types d’infrastructures susceptibles d’êtres classées comme suit :

A.- Infrastructures de tubes pression (tubes complètement remplis) :

- Canalisation (transvasement entre deux points)
- Réseaux de distribution
- Systèmes d’irrigation
- Émissaires sous-marins

B.- Infrastructures de tubes sans pression (tubes partiellement remplis):

- Évacuation d’eaux usées à l’intérieur des bâtiments
- Évacuation horizontale d’eaux usées

4.- CALCULATING THE SIZE OF PIPES

4.1.- Methods for conveying fluids inside the pipes

Pipes can be used for conveying gas or liquid fluids for many different purposes. Any pipe used for this function can be considered a conduit, even if this name as such usually refers to the pipe that conveys or transfers water between two points, regardless of the energy used to move the water.

The fluid is conveyed inside the pipe using one of the following methods:

- Gravity

When the liquid travels downwards thanks to the inclination of the pipe itself.

- Pumping

When the liquid travels upwards and the inclination of the pipe itself has to be overcome by using a pump.

- Gravity and pumping

When the liquid travels downwards but the inclination is insufficient and therefore it is necessary to increase the pressure.

Based on their most common applications, installations can be classified as follows:

A.- Installations with pressurized pipes (completely full pipes).

- Transfer between two points
- Distribution networks
- Irrigation
- Underwater sewers

B.- Installations without pressurized pipes (partially filled pipes).

- Wastewater disposal inside buildings
- Horizontal wastewater disposal

4.2. Datos necesarios para el cálculo de una conducción

Para el cálculo dimensional, diámetro y espesor de una tubería es necesario disponer de los datos referentes a los siguientes conceptos:

- Longitud total

Correspondiente al propio trazado de la tubería y que equivale a la distancia existente entre el inicio o punto de captación y el extremo final o punto de utilización.

- Desnivel

Equivalente a la altura geométrica que es la diferencia de cotas geográficas de nivel entre los puntos inicial y final de la tubería.

- Presión deseada en el extremo final

Que será establecida por las condiciones de servicio que requiera la utilización de agua, según el fin a que vaya destinada.

- Caudal a circular

Que estará en función del consumo que se prevea, teniendo en cuenta las condiciones generales de éste y la posible simultaneidad de funcionamiento entre los distintos servicios que toman el agua de la tubería.

- Material de la tubería

Para aplicarle el correspondiente valor de tensión cincunferencial de trabajo (tensión de diseño σ_s) y deducir, en función de ello, el espesor necesario de pared para soportar la presión de trabajo, que estará en relación con la presión nominal (PN) de la tubería a instalar, de acuerdo con las dimensiones normalizadas.

- Características topográficas del terreno

Que reflejen la situación de la tubería en planos de planta y perfil.

4.3. - Pérdidas de carga en las tuberías

Las tuberías de polietileno tienen una superficie interna lisa que evita la formación de incrustaciones y da lugar a una reducida pérdida de carga.

Para calcular la pérdida de carga en las tuberías de polietileno, puede ser usado el ábaco o gráfico según Colebrook o según FL. Connors, que relacionan la pérdida de carga con la velocidad, el diámetro interior y el caudal.

El diámetro exterior del tubo equivaldrá al diámetro interior obtenido, teniendo en cuenta las pérdidas de carga y caudal, más dos veces el espesor de pared de la serie de presión que corresponda debiendo ajustarse por exceso a las medidas nominales establecidas en la norma UNE EN 12201-2.

Conociendo el diámetro exterior de las tuberías de polietileno, el diámetro interior de la tubería variará según su serie de presión. Por lo tanto, esto deberá tenerse en cuenta cuando se calculen las características hidráulicas.

4.2.- Données nécessaires aux calculs concernant une conduite

Pour le calcul des dimensions, du diamètre et de l'épaisseur d'un tube, nous devons disposer des données liées aux critères ci-après énoncés :

- Longueur totale

Elle correspond au tracé du tube lui-même et équivaut à la distance existante entre le point de départ ou point de captage et le point d'arrivée ou point d'exploitation.

- Dénivellement

Il équivaut à la hauteur géométrique, soit la différence de cotes géographiques de niveau entre le point de départ et le point d'arrivée.

- Pression souhaitée au point d'arrivée

Établie suivant les conditions du service pour lequel l'utilisation d'eau est requise, en fonction de la destination de cette dernière.

- Débit à transporter

En fonction de la consommation prévue, compte tenu des conditions générales auxquelles celle-ci est assujettie et de la possibilité d'exploitation simultanée par les différents services desservis par le système de distribution.

- Matériau du tube

Ce critère permet d'appliquer la valeur de contrainte circonférentielle de travail qui s'y rapporte (contrainte de conception σ_s) et d'en déduire l'épaisseur de paroi nécessaire à supporter la pression de travail, en rapport avec la pression nominale (PN) du tube à installer, conformément aux dimensions standardisées.

- Caractéristiques topographiques du terrain

Elles reflètent la situation du tube au moyen de la vue en plan et coupe.

4.3.- Pertes de charge au sein du tube

Les tubes en polyéthylène ont une surface intérieure lisse qui évite la formation de tartre et minimise la perte de charge.

Pour calculer la perte de charge à l'intérieur des tubes en polyéthylène, on peut utiliser soit l'abaque, suivant Colebrook, soit le graphique, suivant F.L. Connors. Ces deux méthodes mettent en rapport la perte de charge avec la vitesse, le diamètre intérieur et le débit.

Le diamètre extérieur du tube équivaut au diamètre intérieur calculé, tout en tenant compte des pertes de charge et de débit, plus deux fois l'épaisseur de la paroi de la série de pression qui s'y rapporte, devant être ajusté par excès aux dimensions nominales établies par la norme UNE EN 12201-2.

Ainsi, le diamètre intérieur est fonction du diamètre extérieur du tube en polyéthylène après calcul de la série de pression de ce dernier; cette valeur devra être prise en considération lors du calcul des caractéristiques hydrauliques.

4.2.- Data required to calculate the dimensions of a conduit

To calculate the size, diameter and thickness of a pipe it is necessary to obtain the values of the following indicators:

- Total length

It is the distance the pipe has to cover from the start or intake point to the end or utilisation point.

- Drop

It is the geometric height difference between the start and the end points of the pipe.

- Desired pressure at the end point

It will be determined by the service conditions required, which depend on the final use of the water.

- Flow rate

It will be determined by the estimated consumption, bearing in mind its general conditions and the possible simultaneous use of different services that take water from the pipe.

- Material of the pipe

In order to apply the appropriate operating circumferential stress (design stress σ_s) and accordingly reduce the thickness of the wall to withstand the operating pressure, which will be related to the nominal pressure (NP) of the pipe to be installed, according to standard dimensions.

- Topographic features of the terrain

Represented by an aerial view and a cross-section of the position of the pipe.

4.3.- Load losses in the pipes

Polyethylene pipes have a smooth internal surface that prevents the formation of incrustations and provides a low load loss.

The Colebrook's or the F L Connor's abacus or graphic, which relate load loss to speed, inside diameter and flow rate, can be used to calculate the load loss of polyethylene pipes.

The outer diameter of the tube will be the inside diameter obtained taking into account the load losses and the flow rate plus twice the thickness of the wall of the pipes of the corresponding pressure rating, bearing in mind that it must be adjusted to the nearest higher nominal value established in the UNE EN 12201-2 standard.

If the outer diameter of the polyethylene pipes is known, the inside diameter will depend on its pressure rating. Therefore, this must be taken into account when calculating the hydraulic properties.





GRÁFICO DE CONNOR

El diagrama tiene validez para agua a una temperatura de 20ºC.

Para otras temperaturas del líquido, la pérdida de carga debe multiplicarse por el factor Ψ.

GRAPHIQUE DE CONNOR

Ce diagramme est valable pour une température d'eau de 20ºC.

Pour tout liquide transporté à des températures différentes, la perte de charge doit être multipliée par le facteur Ψ.

CONNOR'S GRAPHIC

The diagram is valid for water at 20ºC.

When the temperature of the conveyed liquid is other than 20ºC, the load loss must be multiplied by the Ψ factor.

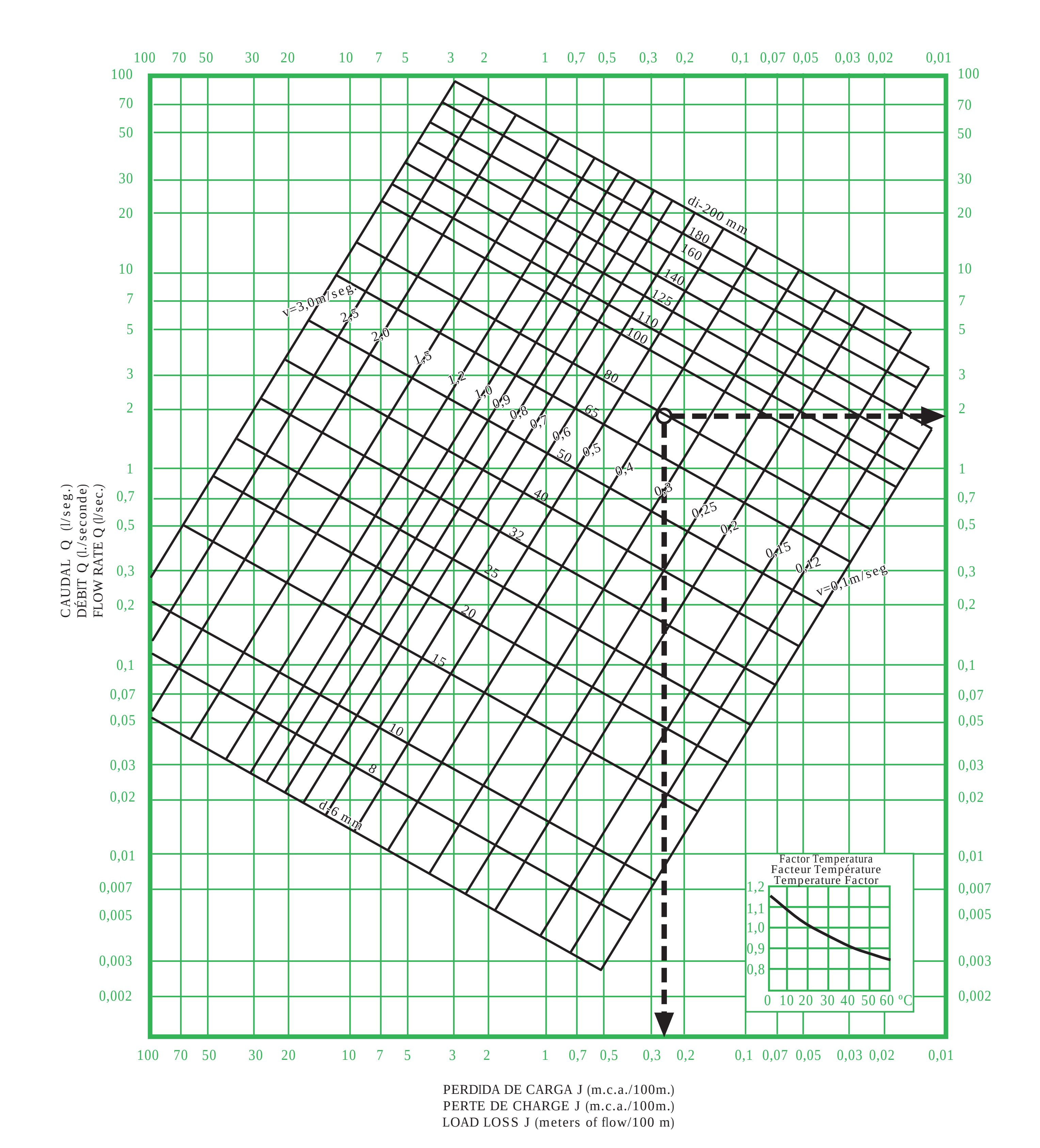


Fig. 13

GRAFICO DE COLEBROOK. Diagrama para tuberías de PE y PVC con bajo valor equivalente de rugosidad de la tubería (K). Para diámetros hasta 200 mm K=0,01 mm y para diámetros mayores K=0,05 mm. La temperatura del agua es de 10°C.

GRAPHIQUE DE COLEBROOK. Diagramme pour tubes en PE et en PVC ayant un faible taux équivalent de rugosité (K). Pour des diamètres jusqu'à 200 mm K = 0,01 mm et pour des diamètres supérieurs K = 0,05 mm. La température de l'eau est de 10ºC.

COLEBROOK'S GRAPHIC: It is a diagram for PE and PVC pipes with a low roughness value (K). For diameters of up to 200 mm, K=0,01 mm; and for greater diameters, K= 0,05 mm. The temperature of the water is 10ºC.

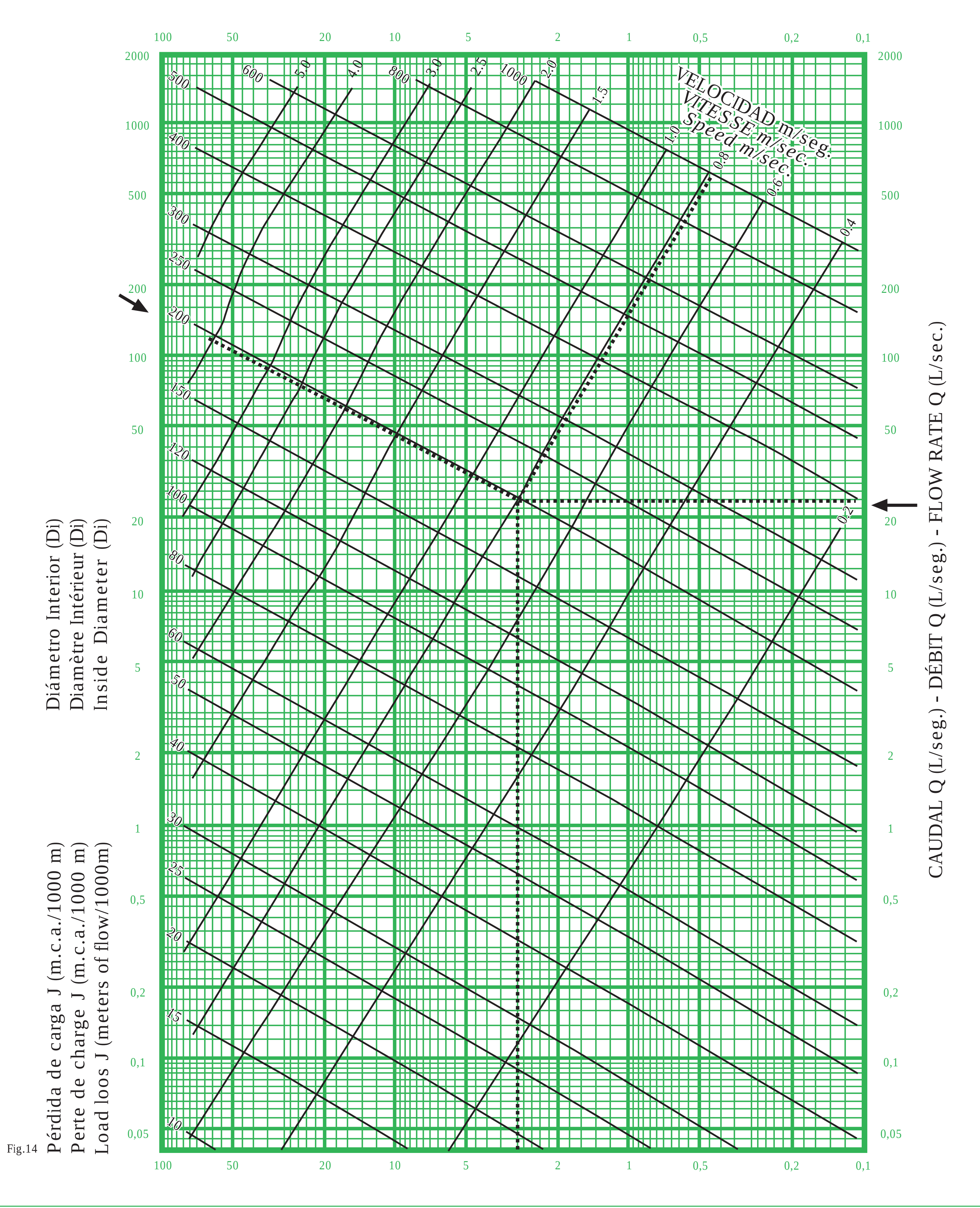


Fig.14

ÁBACO DE PÉRDIDAS DE CARGA
(Gráfico de Colebrook)

ABAQUE DE PERTES DE CHARGE
(Graphique de Colebrook)

LOAD LOSS ABACUS
(Colebrook's graphic)

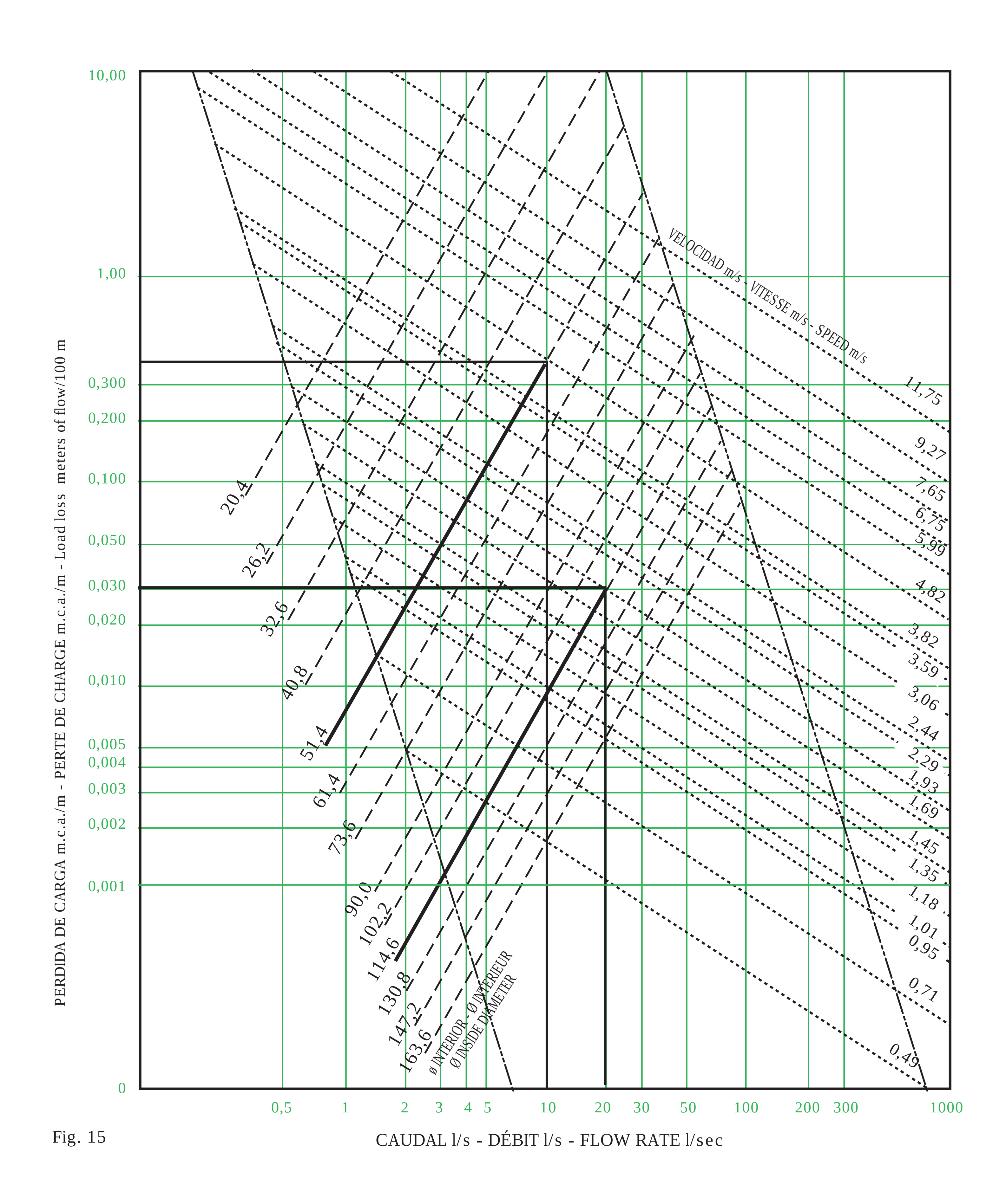


Fig. 15

4.4.- El golpe de ariete

Cuando un líquido está circulando por una tubería con un régimen permanente y en un momento dado se maniobra sobre algún elemento de la instalación (una válvula que se cierra o abre, variación del régimen de una bomba, etc.) sea instantáneamente o empleando cierto tiempo, se producen variaciones del caudal y de la presión en el punto donde se ha producido la perturbación, creando por consiguiente, un desequilibrio que hace que los caudales vayan variando sucesivamente en todos los puntos de la conducción. Estos desequilibrios producen variaciones de la energía cinética del agua, traduciéndose en alteraciones de su presión, que constituyen el golpe de ariete.

La sobrepresión originada por el golpe de ariete se deberá sumar a la presión de servicio o trabajo.

Las variaciones de presión y caudal que dan lugar al golpe de ariete se propagan a través de toda la masa líquida como un movimiento ondulatorio. La velocidad de propagación de la onda se denomina celeridad y es función del módulo de elasticidad del agua, cuyo valor varía en función de la temperatura y del módulo de elasticidad del material de la tubería.

Cuanto más bajo sea el valor del módulo de elasticidad del material de la tubería, más baja es la velocidad de propagación de la onda (celeridad) y con ello disminuye el valor de la sobrepresión que puede originarse en la tubería. De aquí que sea aconsejable el empleo de TUBERIAS DE POLIETILENO, por su bajo módulo de elasticidad, pues en las mismas condiciones de funcionamiento dan lugar a presiones muy inferiores a las que se producirían con el empleo de materiales clásicos, considerablemente más rígidos.

El estudio del golpe de ariete ha sido realizado por numerosos autores según teorías más o menos complidadas aunque casi siempre incompletas. El fenómeno es extraordinariamente complejo, puesto que en él intervienen tres variables: presión, caudal y tiempo, que varían simultáneamente.

Los métodos analíticos del golpe conducen a resultados parciales en los que generalmente no se tiene en cuenta que cualquier variación de presión va acompañada de una variación de caudal, el cual origina una nueva variación de presión y así sucesivamente, hasta que se amortigua con el tiempo, debido a las pérdidas de carga. No obstante, en la práctica, la mayoría de veces, los resultados obtenidos por métodos analíticos son suficientes.

Siguiendo la hipótesis de Michaud, la sobrepresión originada por el golpe de ariete junto a la válvula resulta directamente proporcional a la longitud de la conducción e inversamente proporcional al tiempo de maniobra.

Fórmula de Michaud:

$$\Delta H = \pm \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T} \qquad \text{para } T > \frac{2 \cdot L}{a}$$

4.4.- Le coup de bélier

Lorsqu'un liquide coule à l'intérieur d'un tube à régime permanent et qu'une manipulation sur un élément de l'installation est effectuée (ouverture ou fermeture d'une vanne, variation du régime d'une pompe, etc.), que ce soit soudain ou progressivement, il intervient des variations du débit et de la pression sur le point où la perturbation a eu lieu, ce qui se répercute successivement à tous les points de la conduite. En somme, un coup de bélier est un ensemble de variations de pression provoquées par la modification brusque du régime d'écoulement dans une conduite et donc de l'énergie cinétique de l'eau.

La surpression occasionnée par le coup de bélier doit être additionnée à la pression de service ou de travail.

Les variations de pression et de débit qui entraînent le coup de bélier se propagent au travers de toute la masse liquide sous forme d'onde. La vitesse de propagation de cette onde est appelée "célérité" et est fonction du module d'élasticité de l'eau, dont la valeur varie en fonction de la température et du module d'élasticité du matériau du tube.

La vitesse de propagation de l'onde (célérité), et donc la valeur de la surpression susceptible de survenir dans le tube, est d'autant plus faible que la valeur du module d'élasticité du matériau du tube l'est aussi. Ceci explique les avantages de l'emploi des tubes en polyéthylène: ils présentent un module d'élasticité très bas et, par conséquent, à égalité de conditions d'exploitation, les surpressions survenues sont très inférieures à celles auxquelles donneraient lieu des matériaux plus classiques, largement plus rigides.

Nombre d'auteurs se sont adonnés à l'étude du coup de bélier en formulant des théories plus complexes les unes que les autres mais très souvent incomplètes. En effet, le phénomène est extraordinairement complexe car trois variables y interviennent qui varient simultanément: pression, débit, temps.

Les méthodes analytiques pour résoudre le problème posé par le coup de bélier n'aboutissent qu'à des résultats partiels qui négligent généralement que toute variation de pression est accompagnée d'une variation de débit entraînant à son tour une nouvelle variation de pression et ainsi de suite, jusqu'à ce que le processus soit amorti par les pertes de charge. En dépit de cela, très souvent, les résultats obtenus grâce aux méthodes analytiques se révèlent suffisants.

Selon l'hypothèse de Michaud, la surpression provoquée par le coup de bélier auprès de la vanne est directement proportionnelle à la longueur de la conduite et inversement proportionnelle au temps de manoeuvre.

Voici la formule de Michaud :

$$\Delta H = \pm \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T} \qquad \text{pour } T > \frac{2 \cdot L}{a}$$

4.4.- Liquid hammer

When a liquid circulates inside a pipe with a permanent flow regime and at any given time an element of the installation is operated (a valve is opened or closed, the regime of a pump is changed, etc.), either instantly or after a certain time, fluctuations in the flow rate and the pressure at that point occur, causing an unbalance that propagates the flow rate change through the installation. These unbalances cause fluctuations in the kinetic energy of the water that result in changes of pressure, and this is called liquid hammer.

The excess pressure created by liquid hammer must be added to the operating or service pressure.

Fluctuations in pressure and flow rate that cause liquid hammer propagate through the liquid mass in waves. The wave velocity is called celerity and depends on the bulk modulus of elasticity of the water, whose value changes with temperature, and on the tensile modulus of the pipe material.

The lower the propagation value of the pipe material, the lower the wave velocity (celerity), and therefore the lower the excess pressure that may be created in the pipe.

POLYETHYLENE PIPES have a low propagation value, which is an advantage of their use, as under the same conditions they originate lower excess pressures than traditional materials, which are significantly stiffer.

Numerous scientists have studied the liquid hammer phenomenon with more or less complicated theories, but almost always incomplete. The phenomenon is extraordinarily complex, as there are three variables involved: pressure, flow rate and time, which vary at the same time.

Analytical methods lead to partial results and usually do not take into account that any variation in pressure is accompanied by a variation in flow rate, which in turn generates a new variation in pressure and so on until time damps it due to load losses. Nevertheless, in practice, the results obtained through analytical methods are sufficient most of the time.

Following Michaud's hypothesis, the excess pressure generated by liquid hammer next to the valve is directly proportional to the length of the pipe and inversely proportional to the time the valve is operated.

$$\Delta H = \pm \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T} \qquad \text{for } T > \frac{2 \cdot L}{a}$$







Allievi demostró que en maniobras bruscas, cuando

T < 2 ·L/a

el valor de incremento de presión es independiente de la longitud, pero proporcional a la celeridad y toma el valor:

ΔH = ± = a · v/g

Siendo:

ΔH = incremento de presión o de altura, o golpe de ariete

(sobrepresión en m.c.a.)

a = Velocidad de propagación de la onda o celeridad en m/s

V = Velocidad del agua en régimen permanente de m/s

L = Longitud de la tubería en m

g = Aceleración de la gravedad en m/s^2

T = Tiempo de maniobra de paro en s

Allievi a prouvé que lors de manoeuvres brusques, lorsque

T < 2 · L/a

la valeur d'accroissement de la pression est indépendante de la longueur mais proportionnelle à la célérité et prend la valeur définie par la formule ci-après :

ΔH = ± = a · v/g

Où :

ΔH = accroissement de pression ou de hauteur, ou coup de bélier

(surpression en m.c.a.)

a = vitesse de propagation de l'onde ou célérité en m/s

V = vitesse de l'eau en régime permanent en m/s

L = longueur du tube en m

g = accélération de la gravité en m/s_2

T = temps de manoeuvre d'arrêt en secondes

Allievi demonstrated that in the case of sudden operations, when

T< 2 · L/a

the increase in pressure is not related to the length, but is proportional to celerity and is calculated like this:

ΔH = ± = a . v/g

Where:

ΔH = Increase in pressure or height, liquid hammer (excess pressure in meters of flow)

a = Wave velocity or celerity in m/sec

V = Speed of the water with a permanent flow regime in m/sec

L = Length of the pipe in meters.

g = Acceleration due to gravity in m/sec2

T = Time of the operation in sec

Celerity values for polyethylene pipes (m/sec)

Valores de celeridad para tuberías de polietileno (m/s) Valeurs de célérité pour tubes en polyéthylène Celerity values for polyethylene pipes (m/sec)		
Presión nominal Pression nominale Nominal pressure	PE baja densidad PE basse densité PE low density	PE alta densidad PE haute densité PE high density
4	110	190
6	130	220
10	170	280

Tabla 8: Valores de celeridad para tuberías de Polietileno - Valeurs de célérité pour tubes en polyéthylène
Celerity values for polyethylene pipes

Medios para atenuar el golpe de ariete.

Si bien el polietileno ofrece una respuesta muy favorable ante las sobrepresiones por golpe de ariete, el número de maniobras que efectúa la instalación y en consecuencia las sobrepresiones que reciben las tuberías, podría llegar a provocar una fatiga cíclica de la misma, por lo tanto, según sea la intensidad de las sobrepresiones, como medida de seguridad a largo plazo, es aconsejable la instalación de algún dispositivo para su atenuación.

a) VALVULAS DE RETENCIÓN

Se instalan normalmente en las impulsiones para proteger el grupo de bombeo y evitar el vaciado de la tubería a través de la propia bomba, lo cual podría provocar su embalamiento. También pueden colocarse en los cambios de timbraje de la conducción.

Las válvulas de retención con by-pass disminuyen el golpe de ariete. Conviene estudiar en cada caso la sección del by-pass.

Moyens d'atténuer le coup de bélier

Si le polyéthylène fournit une réponse très performante face aux surpressions par coup de bélier, le nombre de manoeuvres mises en jeu et par conséquent les surpressions éprouvées par les tubes, risque toutefois de provoquer une fatigue cyclique de la infrastructure. Ceci étant, il est recommandé, en tant que mesure de sécurité à long terme, en fonction de l'intensité des surpressions, d'installer un dispositif atténuant ce phénomène.

a) VANNE D'ARRÊT

Installée d'ordinaire à proximité de la zone d'impulsion pour protéger le groupe de pompage et éviter la vidange du tube à cause de l'action de la pompe, ce qui risquerait de provoquer son emballement, la vanne d'arrêt est susceptible d'être installée aussi aux points de changement de pression de la conduite.

Les vannes d'arrêt avec by-pass, quant à elles, amortissement le coup

Methods to damp liquid hammer

Although polyethylene responds very well to excess pressure from liquid hammer, the number of operations in the installation and consequently the excess pressure in the pipes may eventually lead to the cyclic stress of the installation. Therefore, as a long-term safety measure and depending on the intensity of the excess pressures, it is advisable to install a damping device.

a) CHECK VALVES

These are usually installed at the pumps to protect them and to prevent them from emptying the pipes, which might cause them to overspeed. They can also be installed at the changes of direction in the pipe.

Check valves with by-pass reduce liquid hammer. The by-pass section should be considered on a case-by-case basis.

b) VOLANTE DE INERCIA

También denominado retardador de parada del grupo de bombeo. El causante del golpe de ariete puede ser el paro brusco de la bomba, por lo que para evitarlo hay que amortiguar dicho paro.

El tiempo de parada depende de la inercia de la moto-bomba. Como la de la bomba es despreciable y la del motor muy pequeña se puede aumentar dicha inercia mediante un volante acoplado al eje motor.

c) DEPOSITO DE AIRE.

Consiste en un depósito acoplado a la tubería, en el cual hay agua y aire a presión. Cuando por el paro de la bomba se produzca una depresión, el aire comprimido impulsará el agua del depósito hacia la tubería, evitando de esta manera la formación de cavitación.

Este tipo de protección necesita mantenimiento, puesto que el aire a presión se disuelve paulatinamente en el agua, siendo necesario reponer con cierta periodicidad el aire. Por ello este sistema de protección sólo resulta aconsejable si hay posibilidad de inspecciones muy frecuentes.

d) CHIMENEA DE EQUILIBRIO

consiste en un depósito vertical, cuya sección puede ser variable, acoplado a la tubería y de altura mayor que la equivalente a la presión que soporta la tubería. Dicha solución es la preferida, siempre que el tipo de instalación lo permita, por no requerir mantenimiento. La limitación proviene normalmente de la altura necesaria para dicha chimenea. Asimismo es preciso tener en cuenta las temperaturas mínimas del lugar donde se construya a fin de evitar la formación de hielo en el interior de la tubería.

e) VENTOSAS

Se emplea para evitar la cavitación en puntos altos de la instalación. Permiten la entrada del aire cuando se produce la depresión y su salida cuando la tubería se pone de nuevo en servicio.

f) VALVULAS DE SEGURIDAD

Estos dispositivos se usan cuando hay posbilidad de cavitación, que da lugar a fuertes sobrepresiones. las válvulas de seguridad se abren automáticamente al aumentar la presión.

b) VOLANT D'INERTIE

Appelé aussi “retardateur d'arrêt du groupe de pompage”. En effet, l'arrêt brusque de la pompe peut être à l'origine du coup de bélier. Ainsi, en amortissant cet arrêt, le coup de bélier serait évité.

Le temps d'arrêt est fonction de l'inertie de la motopompe. L'inertie de la pompe étant négligeable et celle du moteur très réduite, un volant accouplé à l'essieu du moteur permet de l'accroître.

c) DÉPÔT D'AIR

Il consiste en un dépôt accouplé au tube et rempli d'eau et d'air sous pression. Lorsque l'arrêt de la pompe est dû à une dépression, l'air comprimé projette l'eau du dépôt vers le tube pour éviter une cavitation.

Une maintenance est requise pour ce type de protection car l'air sous pression se dissolvant progressivement dans l'eau, il est nécessaire de le renouveler périodiquement. Cette protection n'est conseillée que si la mise en place d'un système d'inspection très régulier reste possible.

d) CHEMINÉE D'ÉQUILIBRE

Elle consiste en un dépôt vertical dont la section peut varier, accouplé au tube et dont la hauteur est supérieure à celle équivalente à la pression supportée par le tube. À condition que le type d'installation soit compatible, cette solution est à choisir de préférence, car elle ne requiert pas de maintenance. La limitation réside souvent dans la hauteur nécessaire à l'installation de cette cheminée. Dans le même ordre d'idée, il faut tenir compte des températures minimales du lieu de montage afin d'éviter le givrage à l'intérieur du tube.

e) PURGEURS D'AIR

Employés pour éviter la cavitation dans les points les plus élevés du réseau de distribution, ils permettent l'entrée d'air lorsqu'il survient une dépression et la sortie d'air lorsque le système se remet en service.

f) VANNES DE SÉCURITÉ

Ces dispositifs sont utilisés lorsqu'il y a risque de cavitation, susceptible d'entraîner de fortes surpressions. Les vannes de sécurité s'ouvrent automatiquement dès qu'une augmentation de la pression intervient.

b) INERTIA WHEEL

Also called dashpot check valve of the pumping system. Suddenly stopping a pump may cause water hammer; therefore, to prevent water hammer the stoppage must be damped.

The time the pump takes to stop depends on the inertia of the pump motor. Since the inertia of the pump is negligible and the inertia of the motor is very small, the inertia can be increased by fitting a wheel to the axis of the motor.

c) AIR CHAMBER

It consists of a tank fitted to the pipe and filled with water and air under pressure. When the pump stops, the pressure drops and the compressed air pushes the water of the tank into the pipe, thus preventing cavitation.

This type of protection requires maintenance, as the compressed air dissolves gradually in the water and needs to be replaced with certain regularity. That is why this system should only be used when frequent inspections are possible.

d) COMPENSATORY WATER COLUMN

It consists of a vertical tank that can have different cross-sections, is higher than the height equivalent to the pressure the pipe withstands and is fitted to the pipe. This is the preferred solution when the installation allows it, as it does not require maintenance. Usually the problem is the height required to install the column. The minimum temperatures of the site must also be taken into account in order to prevent the formation of ice inside the pipe.

e) VENT-HOLES

These are used to prevent cavitation at higher points of the installation.

They allow air to enter the pipe when there is a pressure drop, and to exit when the pipe starts to operate normally again.

f) PRESSURE RELIEF VALVE

These devices are used to prevent cavitation, which causes significant excess pressure. Pressure relief valves open automatically when there is a pressure surge.





5.- INSTALACIÓN.

5.1.- Generalidades

La instalación de tubos de Polietileno para conducción de agua a presión es fácil de realizar, si se tienen en cuenta al proyectar la instalación, las características propias de material.

El tendido de la conducción se realizará de forma sinuosa para reducir en parte las tensiones producidas por las variaciones térmicas.

Los tubos de Polietileno son flexibles, por lo que admiten ciertas deformaciones sin romperse ni fisurarse. Aunque soportan por sí mismo una cierta carga exterior, su comportamiento real se deriva de que al producirse esta deformación, entra en acción el empuje pasivo lateral del terreno que los rodea, contribuyendo a soportar dichas cargas.

No obstante, la deformación admitida se limita por razones de seguridad, por lo que el cálculo se basa en asegurar que no sobrepasa un límite máximo de deformación de 6% a los 50 años.

Características de los tubos

Necesitamos conocer los siguientes datos:

- Diámetro nominal
- Espesor de pared
- Diámetro interior
- Módulo de elasticidad en flexión transversal (N/mm²)

5.- POSE DES TUBES EN PE

5.1.- Généralités

La pose des tubes en polyéthylène pour la canalisation d'eau sous pression est aisée dans la mesure où les caractéristiques propres au matériau sont prises en compte à la confection du projet d'installation.

L'épandage de la conduite doit suivre un tracé sinueux pour réduire partiellement les contraintes provoquées par les variations thermiques.

Souple, le tube en polyéthylène tolère certaines déformations sans se fracturer ni se fissurer. S'il supporte de lui-même une certaine charge extérieure, ses performances réelles sont davantage dues à la poussée passive latérale du terrain environnant qui entre en jeu lorsque la déformation a lieu et contribue à supporter la charge en question.

Toutefois, pour des raisons de sécurité, une limite est posée au taux de déformation tolérée, un calcul devant assurer que le taux maximal de déformation ne dépasse pas 6% après 50 ans.

Caractéristiques des tubes

Nous devons connaître les valeurs ci-après précisées :

- Diamètre nominal
- Épaisseur de paroi
- Diamètre intérieur
- Module d'élasticité en flexion transversale (N/mm²)

5.- INSTALLATION

5.1.- General information

The installation of polyethylene tubes to convey water under pressure is easy. The properties of the material are taken into account when planning the installation.

In order to reduce the stress caused by thermal variations, the tubes must not be laid out in a perfectly straight line.

Polyethylene tubes are flexible and therefore they can be bent to a certain extent without cracking. Although they can withstand by themselves certain outside pressure, the actual reason for this behaviour is that the deformation generates a passive earth pressure that helps them withstand the loads.

Nevertheless, their allowable deformation is limited for safety reasons, and the calculation ensures that a maximum deformation of 16% over 50 years is not exceeded.

Features of the pipes

We need to know the following data:

- Nominal diameter
- Wall thickness
- Inside diameter
- Transversal flexural modulus (N/mm²)

	Módulo de elasticidad en flexión transversal (N/mm²) Module d'élasticité en flexion transversale (N/mm²) Transversal flexural modulus (N/mm²)	
	Corto plazo - Court terme - Short term	Largo plazo - Long terme - Long term
Polietileno de alta densidad Polyéthylène Haute densité High density polyethylene	1.000	150

Tabla 9

Tipo de suelo

Se consideran cuatro grupos de suelo:

Grupo 1: No cohesivos. Se incluyen en este grupo las gravas y arenas sueltas.

Porcentaje de finos, (Ø≤ 0,06 mm), inferior al 5%.

Grupo 2: poco cohesivos. Se incluyen en este grupo las gravas y arenas poco arcillosas o limosas. Porcentaje de finos (Ø≤ 0,06 mm) entre el 5% y el 15%.

Grupo 3: Medianamente cohesivos. Se incluyen en este grupo las gravas y arenas poco arcillosas o limosas. Porcentaje de finos (Ø≤ 0,06 mm). entre el 15% y el 40%

Grupo 4 Cohesivos . Se incluyen en este grupo las arcillas, los limos y los suelos con mezcla de componenetes orgánicos.

No se recomienda utilizar como relleno materiales con alto contenido de componentes orgánicos sin tomar precauciones especiales (empleo de geotextiles , etc.).

Types de sol

Il existe quatre groupes de sols:

Groupe 1: Non cohérents. Ce groupe comprend les graviers et sables non compactés. Taux de grain fin: inférieur à 5% (Ø≤ 0,06 mm).

Groupe 2: Peu cohérents. Ce groupe comprend les graviers et sables peu argileux ou limoneux. Taux de grain fin : 5 à 15% (Ø≤ 0,06 mm).

Groupe 3: Mi-cohérents. Ce groupe comprend les graviers et sables argileux ou limoneux. Taux de grain fin : 15 à 40% (Ø≤ 0,06 mm).

Groupe 4: Cohérents. Ce groupe comprend les argiles, les limons et les sols à mélange de composants organiques.

Il est déconseillé d'utiliser des matériaux de remblai à grande teneur en composants organiques et d'installer des tubes dans des sols organiques sans avoir pris des précautions particulières (emploi de géotextiles, etc.).

Types of soil

There are four groups:

Group 1: Non-cohesive, such as gravel and loose sand. Fines percentage (Ø≤ 0,06 mm): less than 5%.

Group 2: Slightly cohesive, such as slightly argillaceous or silted gravel and sand. Fines percentage (Ø≤ 0,06 mm): between 5% and 15%.

Group 3: Fairly cohesive, such as argillaceous or silted gravel and sand. Fines percentage (Ø≤ 0,06 mm).: between 15% and 40%.

Group 4:Cohesive, such as clay, silt and soils with a mixture of organic components.

Materials with a high content of organic components should not be used as backfill and pipes should not be installed in organic soils without taking special precautions (geotextiles, etc.).

Sobrecargas verticales

Para determinar la presión sobre el tubo debida a las sobrecargas verticales, es necesario conocer:

Sobrecargas concentradas

- En el caso de paso de vehículos es necesario conocer su distancia entre ruedas (a) y entre ejes (b)

Surcharges verticales

Pour déterminer la pression exercée sur le tube par les surcharges verticales vous devez connaître :

- Les surcharges concentrées

- En cas de circulation de véhicules il faut connaître la distance entre les roues (a) et entre les essieux (b)

Vertical overloads

In order to determine the pressure that vertical overloads put on the tube we need to know:

- Concentrated overloads

- In the case of vehicles passing over the pipes, we need to know the distance between the wheels (a) and between the axes (b).

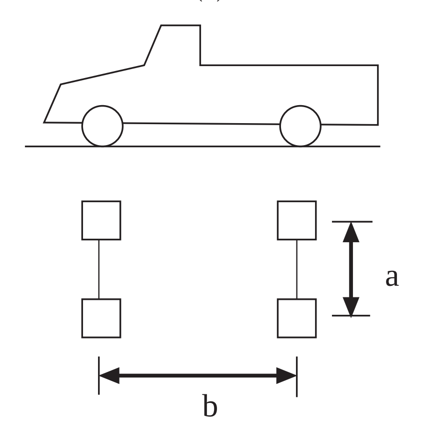


Fig. 16: Parámetros fundamentales en vehículos de carga.

Fig. 16: Paramètres fondamentaux pour les véhicules utilitaires

Fig. 16: Essential parameters of cargo vehicles.

- Valor de la sobrecarga. En el caso de vehículos se considera la carga máxima por rueda.

- Valeur de la surcharge. Pour les véhicules, prendre en compte la charge maximale par roue.

- Value of the overload. In the case of vehicles, the value of the overload is the maximum load per wheel.

Tabla 10: características de algunos vehículos tipo.

Caractéristiques de quelques véhicules type.

Features of some standard vehicles

N.º	Símbolo Symbole Symbol	Carga Total (Tn) Charge totale (T) Total load (Tn)	N.º Ejes Nº essieux No. axes	a (m)	b (m)	Carga por rueda (kn) Charge par roue (kn) Load per wheel (kn)	
						D	T
1	LT 12	12	2	2	3	20	40
2	HT 26	26	2	2	3	65	65
3	HT 39	39	3	2	1,5	65	65
4	HT 60	60	3	3	1,5	100	100

- Altura de tierras por encima de la generatriz superior del tubo.

- Coeficiente de impacto en función del tipo de tráfico.

- Hauteur des terres recouvrant la génératrice supérieure du tube.

- Coefficient d'impact selon le type de trafic.

- Distance from the top generatrix of the tube to the surface.

- Impact coefficient in relation to the type of traffic:

Tabla 11: Coeficiente de impacto en función del tipo de tráfico.

Coefficient d'impact selon le type de trafic.

Impact coefficient in relation to the type of traffic.

TIPO DE TRAFICO TYPE DE TRAFIC TYPE OF TRAFFIC	Coeficiente de impacto Coefficient d'impact Impact coefficient	
	Firme normal - Chaussée normale - Normal road surface	Firme irregular - Chaussée irrégulière - Irregular road surface
Tráfico ligero < 12 Tn	1.5	1.85
Tráfico medio de 12 a 39 Tn	1.4	1.75
Tráfico pesado > 39 Tn	1.2	1.50

Sobrecargas repartidas:

- Valor de la sobrecarga repartida

- Longitud y anchura de la superficie de aplicación de la sobrecarga

- Altura de tierras por encima de la generatriz superior del tubo

- Coeficiente de impacto.

- Surcharges réparties :

- Valeur de la surcharge répartie

- Longueur et largeur de la surface d'application de la surcharge

- Hauteur des terres recouvrant la génératrice supérieure du tube

- Coefficient d'impact

- Distributed overloads:

- Value of the distributed overload

- Length and width of the application surface of the overload

- Distance from the top generatrix of the tube to the surface

- Impact coefficient





Características de los suelos.
Las características de los suelos necesarias para el cálculo de las cargas de tierra son:

- *Peso específico de las tierras de relleno.* Si no se dispone de ensayos, se recomienda utilizar $\gamma = 20$ kN/m³.

- *Ángulo de rozamiento del relleno con las paredes de la zanja.* Si no se dispone de ensayos se recomienda utilizar los valores para el ángulo de rozamiento interno del relleno indicados en la siguiente tabla:

Caractéristiques des sols
Les caractéristiques des sols à connaître pour le calcul des charges de terre sont :

- *Le poids spécifique des terres de remblai.* En l'absence d'essais il est conseillé d'utiliser $\gamma = 20$ kN/m³.

-*Angle de frottement du remblai avec les parois de la tranchée.* En l'absence d'essais il est conseillé d'utiliser pour l'angle de frottement interne du remblai les valeurs indiquées dans le tableau suivant:

Features of the soil
The features of the soil that are needed to calculate the soil loads are:

- *Specific gravity of the backfill soil:* If there are no test results available, we recommend using $\gamma = 20$ kN/m³.

- *Angle of friction between the backfill and the trench walls:* If there are no test results available, we recommend using the values for the angle of internal friction of the backfill indicated in the table below:

Tabla 12

Grupo de suelo Groupe de sol Soil group	Angulo de rozamiento interno φ Angle de frottement interne φ Internal angle of friction φ
1	35º
2	30º
3	25º
4	20º

A partir del ángulo de rozamiento interno φ, de las tierras de relleno, se establece el ángulo de rozamiento de relleno con las paredes de la zanja φ', distinguiéndose tres casos:

a) Relleno de la zanja compactando por capas en toda la altura de la zanja (grado de compactación Procor Normal 95%). Se tomará φ' = φ.

b) Relleno de la zanja compactando por capas en la zona del tubo y sin compactar el resto de la zanja (grado de compactación Procor Normal 90%). Se tomará φ' = 2/3 φ.

c) Zanja entibada, sin compactado posterior a la retirada de las tablas. Se tomará φ' = 0.

- Coeficiente de empuje lateral de las tierras de relleno. Se tomarán los valores indicados en la siguiente tabla:

À partir de l'angle de frottement interne φ des terres de remblai on définit l'angle de frottement du remblai avec les parois de la tranchée φ' en distinguant trois cas :

a) Remblayage de la tranchée en compactage par couches sur toute la hauteur de la tranchée (degré de compactage Procor Normal 95%). On prendra φ'= φ.

b) Remblayage de la tranchée en compactant par couches la zone du tube et sans compacter le reste de la tranchée (degré de compactage Procor Normal 90%). On prendra φ' = 2/3 φ.

c) Tranchée étayée, sans compactage ultérieur au retrait des planches. On prendra φ' = 0.

- *Coefficient de poussée latérale des terres de remblai.* On prendra les valeurs indiquées dans le tableau suivant:

The internal angle of friction of the backfill soil (φ) is used to determine the angle of friction between the backfill and the trench walls (φ'). There are three possible cases:

a) Backfilling the trench tamping layer by layer up to the surface (degree of compaction: 95% Normal Procor). The value will be calculated as: φ' = φ.

b) Backfilling the trench tamping layer by layer near the tube but not the rest of the trench (degree of compaction: 90% Normal Procor). The value will be calculated as: φ'= 2/3 φ.

c) Timbered trench without tamping after the timber has been removed. The value will be calculated as: φ'=0.

- *Coefficient of backfill soil lateral pressure:* The values are shown in the table below:

Cálculo de los esfuerzos
Para calcular los esfuerzos a que está sometida la conducción y poder elegir el tubo adecuado, es necesario seguir lo indicado en la norma UNE 53-331 o en el Documento ATVA 127.

Calcul des contraintes
Pour calculer les contraintes que subit la conduite et pouvoir choisir le tube approprié, suivez les indications de la norme UNE 53-331 ou du document ATV A127.

Calculating stresses
In order to calculate the stress the conduit is under and to choose the right tube, the provisions of the UNE 53-331 standard or the ATV A 127 Document must be followed.

Tabla 13

Grupo de suelo Groupe de sol Soil group	K1	K2
1		0,4
2	0,5	0,3
3		0,2
4		0,1

Tabla 14

Grupo de suelo Groupe de sol Soil group	Módulo de compresión (N/mm²) Compactado Procor normal Module de compression (N/mm²) compactage Procor normal Compression modulus (N/mm²) Normal Procor Compaction					
	85	90	92	95	97	100
1	2,5	6	9	16	23	40
2	1,2	3	4	8	11	20
3	0,8	2	3	5	8	14
4	0,6	1,5	2	4	6	10

5.2.- Técnicas en la instalación de tuberías enterradas en zanjas convencionales

Existen tres técnicas principales: zanjas convencionales, arado topo y por empuje.

- Zanjas convencionales

- Sección de la zanja.

Siempre que la naturaleza del terreno y los medios de excavación lo permitan, las paredes de la zanja serán verticales por razones de economía, reparto del peso de las tierras y de las cargas móviles.

5.2.- Techniques de pose des tuyaux enfouis dans des tranchées conventionnelles

Il existe trois techniques principales : tranchées conventionnelles, par charrue-taupe et par poussée.

- Tranchées conventionnelles

- Coupe de la tranchée.

Lorsque la nature du terrain et les moyens d'excavation le permettent, les parois de la tranchée doivent être verticales pour des raisons économiques et de répartition du poids des terres et des charges mobiles.

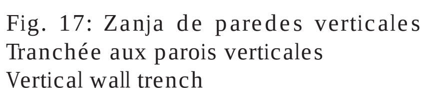
5.2.- Techniques for the installation of pipes buried in conventinal trenches

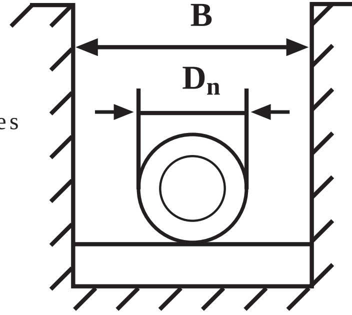
There are three main techniques: conventional trenches, mole plough and by thrust.

- Conventional trenches

- Cross-section of the trench

Whenever the nature of the terrain and the excavation resources allow it, the walls of the trench must be vertical, as the cost is lower. This way the weight of the soil and of the moving loads are evenly distributed.


Fig. 17: Zanja de paredes verticales
Tranchée aux parois verticales
Vertical wall trench



De no ser posible conseguir la zanja de paredes verticales, se recomienda una sección como la que muestra el siguiente dibujo, teniendo en cuenta que la generatriz superior del tubo esté dentro de la sección de paredes verticales:

En cas d'impossibilité de creuser une tranchée aux parois verticales, il est conseillé de réaliser la coupe suivante, en veillant à inclure la génératrice supérieure du tube dans la partie concernée par les parois verticales:

If it is not possible to excavate vertical walls, we recommend a cross-section like the one shown in the next figure, bearing in mind that the top generatrix of the tube must be inside the section with vertical walls.

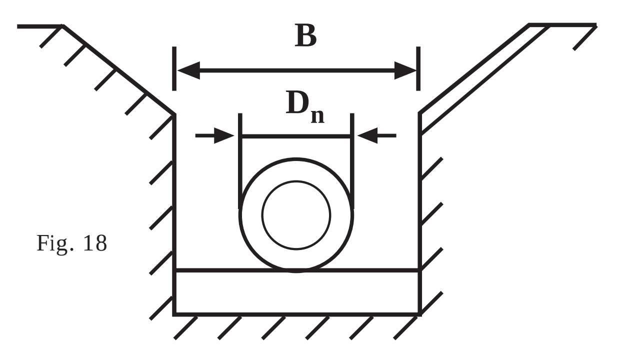


Fig. 18

- Dimensiones de la zanja:

- Anchura. La anchura de zanja depende del diámetro de la tubería, de la profundidad de la zanja y del tipo de suelo. Se debe dejar un espacio a cada lado del tubo para compactar el relleno y que los operarios puedan trabajar en buenas condiciones, por lo que la anchura de la zanja "B" vendrá determinada por la fórmula:

B= (Dn + 300) mm

con un mínimo de 600 mm. En caso de zanjas de poca profundidad y tubos de diámetros inferiores a 110 mm la anchura mínima podrá ser de 400 mm.

- Profundidad de zanja. La profundidad mínima de la zanja debe proteger las tuberías de las cargas móviles o circulación rodada, de las cargas fijas y de las variaciones de temperatura del medio ambiente.

- Dimensions de la tranchée:

- Largeur. La largeur de la tranchée dépend du diamètre du tube, de la profondeur de la tranchée et du type de sol. Il convient de laisser un espace libre de part et d'autre du tube pour compacter le remblai et pour que les opérateurs puissent travailler dans de bonnes conditions. La largeur de la tranchée « B » sera donc définie par la formule suivante:

B = (Dn + 300) mm

et sa valeur minimum sera de 600 mm. Pour les tranchées de faible profondeur et les tubes de diamètres inférieurs à 110 mm la largeur minimum pourra être de 400 mm.

- Profondeur de la tranchée. La profondeur minimum de la tranchée doit permettre de protéger les tubes des charges mobiles ou de la circulation routière, des charges fixes et des variations de température de l'environnement.

- Dimensions of the trench:

- Width. The diameter of the pipe, the depth of the trench and the type of soil determine the width of the trench. Some room must be left on both sides of the tube in order to compact the backfill and so that the workmen can work comfortably. The following formula is used to calculate the width of a trench (B):

B = (ND + 300) mm

with a minimum of 600 mm. In the case of shallow trenches and tubes with a diameter of less than 110 mm, the minimum width of the trench can be 400 mm.

- Depth of the trench. The minimum depth of the trench must protect the pipes from moving loads or road traffic, from fixed loads and the fluctuations of ambient outside temperature.

En caso de existir cargas móviles y siempre que no se incluya alguna precaución en el proyecto, se deben tener en cuenta las especificaciones que recoge la norma UNE 53-131.

- Lecho

Siempre que el terreno sea uniforme se excavará hasta la línea de la rasante. En el caso de que queden al descubierto piedras, cimentaciones, rocas, etc., es necesario excavar por debajo de la rasante para efectuar un relleno posterior del lecho. La profundidad de esta excavación adicional puede ser de 15 a 30 cm.

El relleno de las excavaciones complementarias realizadas por debajo de la rasante, se acondiciona mediante la aportación de tierras procedentes de la excavación, fácilmente compactables y exentas de piedras, o de arena suelta, enrasando la superficie.

- Relleno

El relleno de las zanjas se realizará una vez colocada y probada la tubería. Debe realizarse por capas sucesivas de unos 10 cm., y a ser posible con tierras exentas de piedras procedentes de la misma excavación, siempre que sean de fácil compactación, y poniendo especial atención en compactar la parte lateral de los tubos.

Es conveniente rebasar los 30 cm por encima de la generatriz superior de los tubos con el relleno manual, consiguiendo, si es posible, un 95% del Procor Normal en la compactación. El resto del relleno puede realizarse mecánicamente y con tierras sin seleccionar procedentes de la excavación.

Debe evitarse el relleno de zanjas en tiempos de grandes heladas o con materiales helados.

No son recomendables para el relleno de las zanjas, junto a los tubos: las arcillas húmedas, plásticas y los suelos orgánicos, y sí son recomendables las arenas sueltas, las margas, los limos, las arenas arcillosas, las arcillas limosas y las arcillas arenosas.

S'il existe des charges mobiles et à défaut de toute disposition particulière dans le projet, il convient d'appliquer la norme UNE 53-131.

- Lit de pose

Lorsque le terrain est uniforme, creusez jusqu'à atteindre la ligne de déclivité. Si des pierres, des fondations, des roches ou autres sont susceptibles d'êtres laissées à découvert, creusez par-dessous cette ligne puis remblayez le lit de pose. La profondeur de cette excavation supplémentaire peut atteindre de 15 à 30 cm. Le remblayage des excavations supplémentaires effectuées par-dessous la ligne de déclivité est réalisé par l'apport de terre excavée, à condition qu'elle soit exempte de pierres et facilement compactable, ou de sable lâche, jusqu'à araser la surface.

- Remblayage

Le remblayage des tranchées a lieu après la pose et les essais réalisés sur la tuyauterie. Procédez par couches successives d'environ 10 cm, dans la mesure du possible en utilisant la terre exempte de pierres provenant de l'excavation si elle est susceptible d'être facilement compactée, en veillant à compacter tout particulièrement les zones attenantes aux parties latérales des tubes.

Il est préférable que la hauteur du remblayage manuel soit d'au moins 30 cm au-dessus de la génératrice supérieure du tube de manière à atteindre, dans la mesure du possible, 95% du Procor Normal lors du compactage. Le reste du remblayage peut être effectué à la machine à partir de terres excavées ordinaires.

Évitez le remblayage des tranchées par temps de gel ou avec des matériaux gelés.

Pour le remblayage des tranchées directement en contact avec les tubes il est déconseillé d'utiliser l'argile humide, l'argile plastique et les sols organiques; en revanche les matériaux conseillés sont le sable lâche, les marnes, les limons, les sables argileux, l'argile limoneuse et l'argile sableuse.

When there are moving loads and no precautions have been included in the project, the specifications provided in the UNE 53-131 standard must be applied.

- Bed

Whenever the terrain is even, it is necessary to excavate to the ground surface line. If stones, rocks, foundations, etc. are visible, it is necessary to excavate below the ground surface line in order to backfill the bed afterwards. The depth of the additional excavation can be 15 to 30 cm.

Excavated soil that is easily compacted and free of stones or loose sand can be used to backfill the additional excavations under the ground surface line. The surface must be levelled at the end.

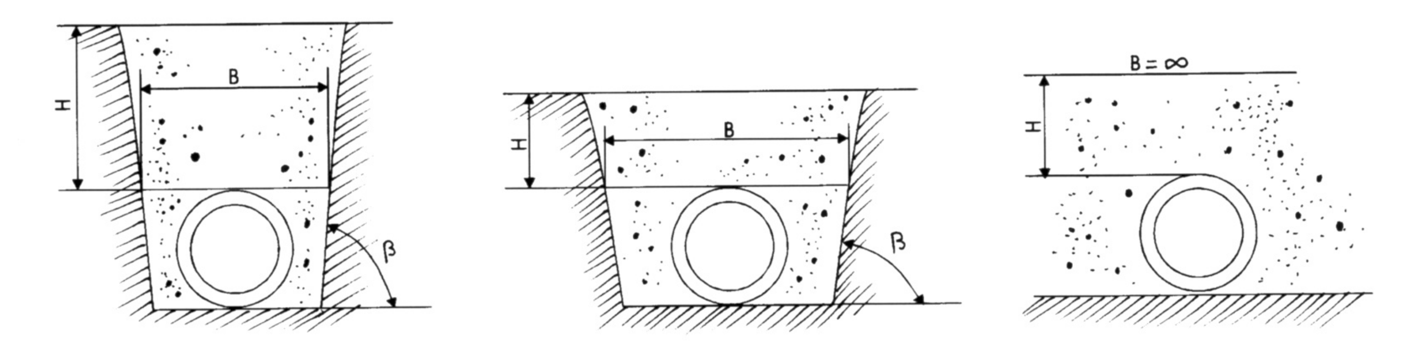
- Backfill

Trenches must be backfilled after the pipe has been installed and tested. Backfilling should be done in 10 cm layers and, if possible, with soil from the same excavation, free of stones and easily compacted. Special care must be taken to tamp the backfill on both sides of the tubes.

When the backfilling and tamping is done manually, it is advisable to exceed 30 cm above the top generatrix of the tubes, achieving, if possible, a 95% Normal Procor compaction. The rest of the backfilling can be carried out mechanically and with unscreened soil from the same excavation.

Trenches must not be backfilled during frosts or with frozen materials.

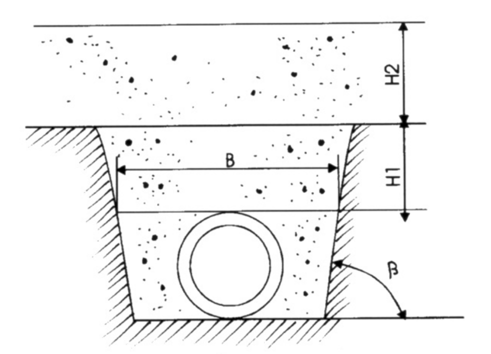
The following materials are not suitable for backfilling around the tubes: wet clay, plastic clay and organic soil. The following materials are suitable: loose sand, marl, silt, clay sand, silt clay and sandy clay.



Tipo 1 (fig. 19): Zanja estrecha, zanja ancha y bajo terraplén

Trachée étroite, tranchée large et remblai de surface

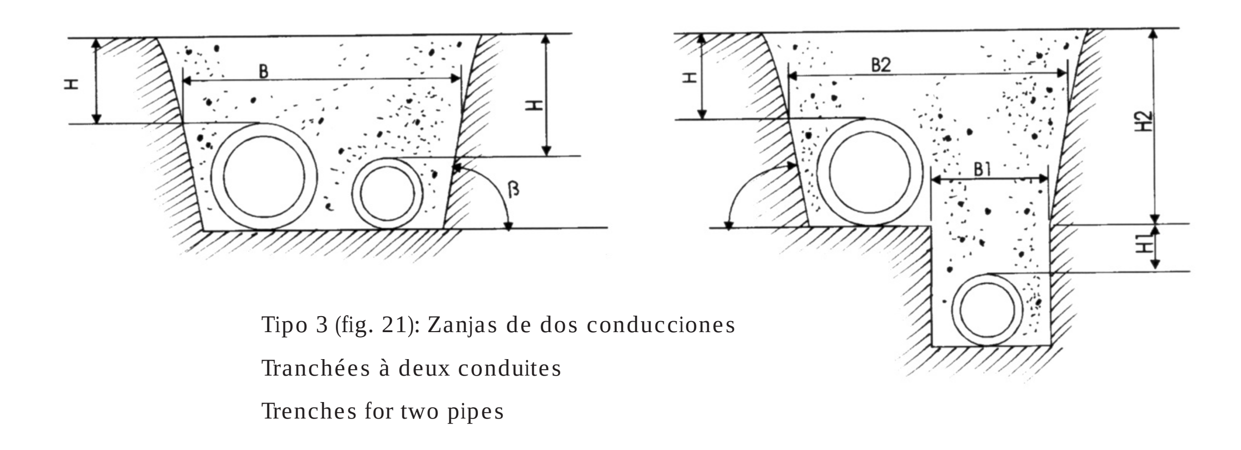
Narrow trench, wide trench and low embankment



Tipo 2 (fig. 20): Zanja terraplenada

Trachée remblayée

Trench with embankment



Tipo 3 (fig. 21): Zanjas de dos conducciones

Tranchées à deux conduites

Trenches for two pipes

Apoyo tipo A

Este tipo de apoyo, consiste esencialmente en una cama continua de material granular compactado sobre la que descansa el tubo.

Assise de type A

Ce type d'assise est principalement composé d'un lit de pose continu de matériau granulaire compacte sur lequel repose le tube.

Type A

This type of base consists basically of a continuous bed of compacted granular material on which the tube rests.

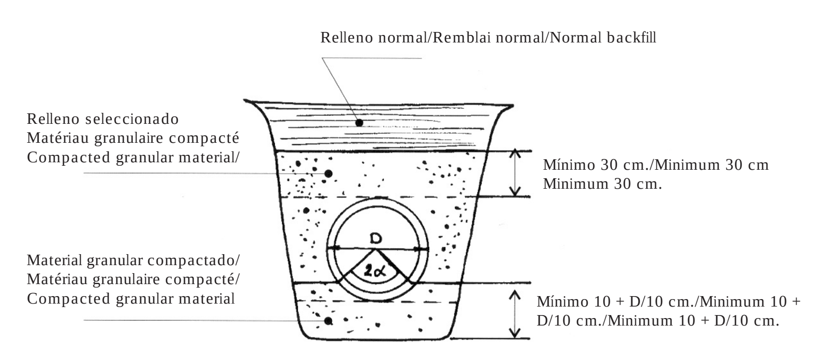


Fig. 22

La cama de apoyo debe tener una compactación uniforme en toda su longitud y envolver el tubo según un ángulo de apoyo 2α previsto.

Le lit de pose doit être uniformément compacté sur toute sa longueur et entourer le tube selon un angle d'assise 2α préalablement déterminé.

The supporting bed must have an even compaction all along, and surround the tube with a preset 2α support angle.

Apoyo tipo B

En este tipo de apoyo, el tubo descansa directamente sobre el fondo de la zanjas o sobre el suelo natural cuando se trata de una instalación bajo terraplén. Se utilizará únicamente en suelos arenosos exentos de terrones y piedras.

Assise de type B

Avec ce type d'assise le tube repose directement sur le fond de la tranchée ou sur le sol naturel lorsqu'il s'agit d'une pose en surface. Ce type d assise ne doit etre utilise que sur des sols sableux exempts de mottes de terre et de pierres.

Type B

With this type of base, the tube rests directly on the bottom of the trench or on the natural soil when the installation is in a low embankment. This type of support should only be used on sandy soil free of clods and stones.

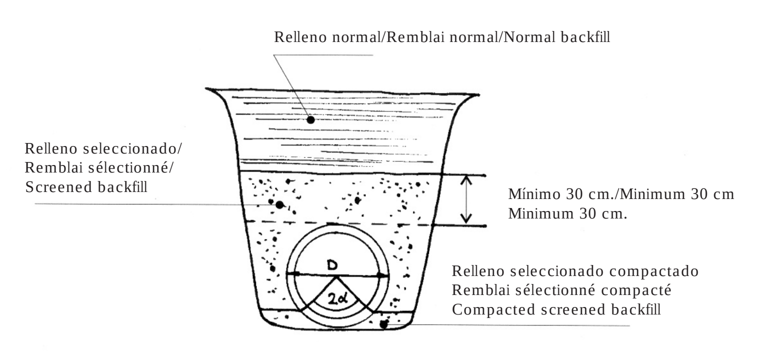


Fig. 23

5.2.3.- GENERALIDADES SOBRE LA INSTALACIÓN EN ZANJAS CONVENCIONALES

Generalidades en la instalación de tuberías enterradas en zanjas convencionales

Las tuberías de polietileno son consideradas como conducciones flexibles, susceptibles de deformarse permanentemente en razón de la carga y del tiempo de aplicación de la citada carga.

Es necesario limitar esta deformación de acuerdo con las normas establecidas, mediante cálculos necesarios para el enterrado de este tipo de tuberías (UNE 53-331).

La compactación del material de relleno efectuado con material seleccionado se realiza con un pisón de cabeza plana o aparato similar, con el fin de evitar que las tuberías resulten influenciadas por esfuerzos dinámicos.

Las zanjas pueden abrirse a mano o a máquina, pero en cualquier caso su marcado debe ser lo más perfectamente alineado en planta y con la rasante uniforme.

El tendido de las tuberías, en el caso de existir pendientes acusadas en el trazado, se realiza preferentemente en el sentido ascendente, previendo puntos de anclaje para la tubería.

Cuando se interrumpa la colocación de las tuberías, se taponan los extremos para impedir la entrada de cuerpos extraños.

En caso de riesgos de inundación de la zanja debe procederse a la fijación de la tubería al lecho de la misma durante el montaje, al menos parcialmente, mediante puntos de relleno, para evitar la flotación de los tubos en el caso de inundación de aquella o para mantener su trazado.

Si hubiera necesidad de abrir nichos, para la colocación de piedras especiales, no deben ser abiertos hasta el momento de su instalación, para asegurar su posición y conservación.

Las tierras procedentes de una excavación, se apilarán suficientemente alejadas del borde de la zanja, al menos 45 cm, para evitar desmoronamiento de aquellas sobre ésta.

Arado topo

Hay dos métodos principales de instalación de tuberías enterradas con arado topo. En el primer método la tubería es introducida, después de haberse realizado un agujero en el terreno, mediante un topo mecánico. La introducción se realizará mediante arrastre con ayuda de un cable por el interior del agujero perforado. Por el contrario, en el segundo método, la tubería es introducida directamente por un topo mecánico especial, al mismo tiempo que avanza el tractor o elemento de tiro.

El enterrado de tubería por los métodos de arado topo solamente es económicamente recomendable para instalaciones de gran longitud y en zonas donde la superficie del suelo lo permita.

5.2.3.- REMARQUES GÉNÉRALES SUR LA POSE DANS DES TRANCHÉES CONVENTIONNELLES

Remarques générales sur la pose de tuyaux enfouis dans des tranchées conventionnelles

Les tuyaux en polyéthylène sont considérés comme des conduites souples qui peuvent être déformées définitivement selon la charge appliquée et le temps d'application de cette dernière.

Il convient de limiter cette déformation conformément à la réglementation en vigueur, en effectuant les calculs nécessaires à l'enfouissement de ce type de tuyaux (UNE 53-331).

Effectuez le compactage du remblai composé de matériaux sélectionnés à l'aide d'une dame ou d'un outil similaire, afin d'éviter que les tubes ne soient influencés par les contraintes dynamiques.

Vous pouvez creuser les tranchées à la pelle ou à la machine, mais dans tous les cas leur tracé doit être aussi rectiligne que possible et leur déclivité uniforme.

En cas de présence de fortes pentes sur le tracé, installez les tubes de préférence dans le sens ascendant en prévoyant des points d'ancrage pour les fixer.

Si vous interrompez la pose des tubes, obturez leurs extrémités pour prévenir l'introduction de corps étrangers.

En cas de risque d'inondation de la tranchée fixez au moins partiellement la tuyauterie au lit de pose pour éviter qu'elle ne flotte et pour conserver son tracé.

En cas de besoin d'ouvrir des niches pour y placer des pierres spéciales, ouvrez ces niches uniquement au moment de placer les pierres afin de garantir leur position et leur conservation.

Les terres provenant d'une excavation doivent être empilées assez loin du bord de la tranchée, à au moins 45 cm, pour éviter leur éboulement dans la tranchée.

Charrue-taupe

Il existe deux méthodes principales de pose de tubes enfouis à l'aide d'une charrue-taupe. La première consiste à introduire le tube grâce à une charrue-taupe mécanique après avoir creusé un trou dans le terrain. Le tube est glissé à l'aide d'un câble à l'intérieur du trou. En revanche, la seconde méthode prévoit l'introduction directe du tube par une charrue-taupe spéciale, en même temps qu'avance le tracteur ou engin de tirage.

L'enfouissement du tube par la méthode de la charrue-taupe n'est économiquement conseillé que pour des installations de grande longueur et dans des zones dont la surface le permet.

5.2.3.- GENERAL INFORMATION ABOUT INSTALLATION IN CONVENTIONAL TRENCHES

General information about the installation of pipes buried in conventional trenches

Polyethylene pipes are considered to be flexible conduits that, depending on the load and how long it is applied, can deform permanently.

The deformation must be minimized according to established standards carrying out the necessary calculations for burying this type of pipes (UNE 53-331).

Tamping of backfill made of screened material is carried out with a flat rammer or similar, so that the pipes are not affected by dynamic stresses.

Trenches can be excavated manually or with the help of machines, but in both cases they must be as straight and levelled as possible.

If the trench is fairly steep, pipes must be laid out from the bottom to the top, planning where the anchoring points for the pipes will be.

If the laying out of the pipes is interrupted, the ends must be closed so that nothing can enter them.

If it is possible that the trench might be flooded, the pipes must be anchored to the bed of the trench whilst they are being laid down, at least partially, using backfill points, in order to prevent the pipes from floating and to maintain the layout.

If it is necessary to open holes in order to place special stones, they must not be opened until the moment the stone is going to be placed, in order to ensure the right position of the pipe and its conservation.

The soil that has been excavated must be piled up at an appropriate distance from the trench, at least 45 cm, in order to prevent the pile from collapsing down into the trench.

Mole lough

There are two methods of installation of pipes buried using the mole plough technique. With the first method, the pipe is introduced after a hole has been opened in the ground with a mechanical mole. In order to introduce the pipe, it is dragged into the hole using a cable. With the second method, however, the pipe is introduced directly by a special mechanical mole whilst a tractor or pulling device moves forward.

These methods are only good value for money when the installation is going to be very long and in areas where the surface of the terrain allows their use.






5.3.- Técnicas de instalaciones no enterradas

Las tuberías se suministran en rollos o en barras. Cuando se usan rollos, la curvatura de los tubos se puede modificar fijando los tubos a las abrazaderas correspondientes. Estas tuberías no deben ponerse en forma rectilínea haciendo uso de tensión longitudinal.

La sujeción de las tuberías no enterradas se realiza mediante pinzas o abrazaderas de material plástico o metálico, tomando la precaución de no apretarlas excesivamente para evitar el dañado de la tubería. Las abrazaderas se alinean correctamente y su superficie de contacto con la tubería debe ser suave y lisa. Los soportes con cantos afilados deben ser evitados. Las válvulas en particular, y toda clase de controles manuales, deben ser firmemente anclados con el fin de evitar cualquier movimiento causado por su manejo.

Los soportes recomendados son los indicados a continuación:

5.3.- Techniques de pose hors-sol

Les tubes sont livrés en couronnes ou en barres droites. Dans le cas des couronnes, la courbure des tubes peut être modifiée au moyen de sangles. Ces tubes ne doivent pas être placés sous forme rectiligne en appliquant une contrainte longitudinale.

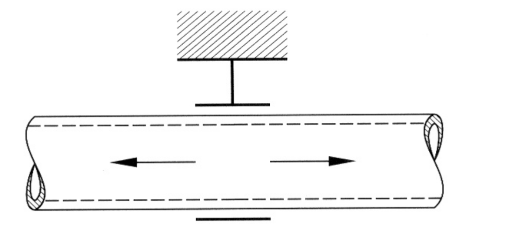
Fixez les tubes hors-sol à l'aide de pinces ou de sangles plastiques ou métalliques, en veillant à ne pas les serrer à l'excès pour ne pas les endommager. Les sangles doivent être convenablement alignées et leur surface de contact avec le tube doit être souple et lisse. Évitez les supports aux angles pointus. Les valves en particulier mais aussi tous les contrôles manuels doivent être solidement fixés afin d'éviter qu'ils ne soit déplacés lors de leur manipulation.

Les supports conseillés sont indiqués ci-dessous :

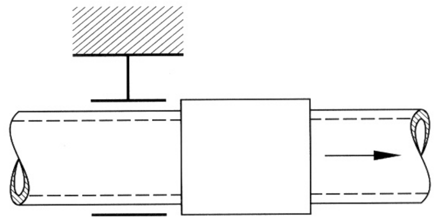
5.3.- Techniques for the installation of pipes above the ground

Pipes are supplied in rolls or bars. In the case of rolls, the curvature of the tubes can be modified fixing the tubes to clamps. These pipes must not be straightened by means of a longitudinal stress.

Above ground pipes are fixed to a base by means of plastic or metallic clamps, taking care not to tighten them excessively to prevent damage to the pipe. Clamps must be correctly aligned and the clamp surface in contact with the pipe must be smooth. Bases with sharp edges must be avoided. Valves in particular, and all kinds of manual controls, must be firmly anchored in order to prevent them from moving when they are operated. The recommended bases are the following:

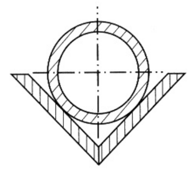


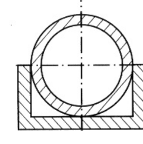
Axial en ambas direcciones
Biaxial
Axial in both directions



Axial en una dirección
Monoaxial
Axial in one direction

Fig. 24 y 25





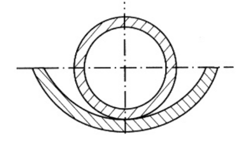


Fig. 26

Dilatación y contracción térmica

El coeficiente de dilatación térmico lineal del polietileno se considera en la práctica de 0.2 mm por metro de longitud y °C de variación de temperatura..

La variación de longitud en una tubería viene dada por la siguiente fórmula:

$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot \Delta t$

siendo:

Δl = Variación de la longitud (mm)
α = Coeficiente de dilatación: 0.2 mm/m°C
L = Longitud del tramo considerado (m)
Δt = Variación de la temperatura respecto a 20°C (°C)

En muchas instalaciones los cambios normales de dirección de las tuberías proporcionan un medio adecuado para compensar la dilatación, tal y como se indica en la figura 27 adjunta.

Dilatation et contraction thermique

Dans la pratique le coefficient de dilatation thermique linéaire du polyéthylène est de 0,2 mm par mètre de longueur et °C de variation de température.

La variation de longueur d'un tube est donnée par la formule suivante :

$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot \Delta t$

Où :

Δl = variation de la longueur (mm)
α = coefficient de dilatation : 0,2 mm/m°C
L = longueur du tronçon en question (m)
Δt = variation de la température par rapport à 20°C (°C)

Les changements de direction normaux des tubes lors de la pose permettent souvent de compenser la dilatation, comme le montre la figure 27 ci-après.

Thermal expansion and contraction

Polyethylene's coefficient of linear thermal expansion is estimated at 0.2 mm per meter of length and °C of temperature variation.

The length variation of a pipe is calculated with this formula:

$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot \Delta t$

where:

Δl = Length variation (mm)
α = Coefficient of thermal expansion: 0.2 mm/m °C
L = Length of the section under consideration (m)
Δt = Temperature variation from 200°C (°C)

In many installations, the normal changes of direction of the pipes provide an adequate measure to compensate thermal expansion, as indicated in figure 27.

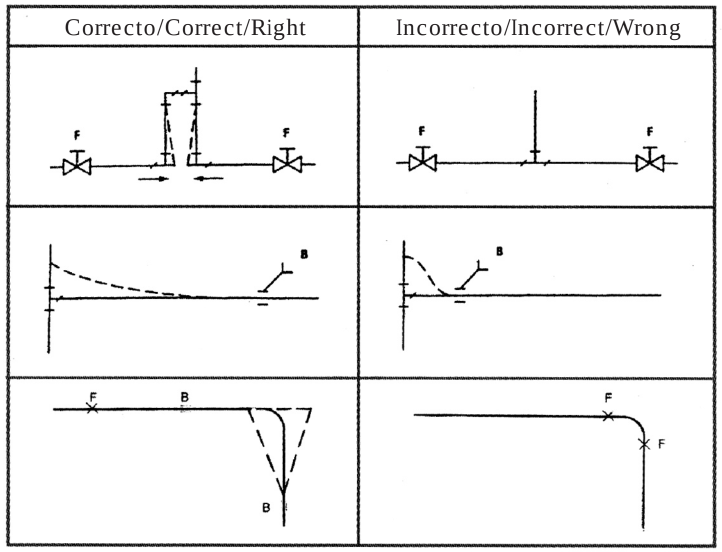


Fig. 27

Donde:
F= Punto fijo
B = Soporte

En recorridos rectos o continuos de tuberías en que se prevean dilataciones o contracciones, es necesario insertar elementos para absorber ésta. Con este fin se usan las liras, los compensadores de dilatación o las prensaestopas.

Où :
F = point fixe
B = support

Sur les trajets rectilignes ou continus de tubes susceptibles de dilatation ou de contraction il convient d'introduire des éléments qui permettront de compenser ces mouvements. Pour ce faire, utilisez des lyres, des compensateurs de dilatation ou des presse-étoupe.

Where:
F = Fix point
B = Base

In straight or continuous installations where thermal expansions or contractions are likely, it is necessary to insert elements that absorb them. Expansion bends, expansion compensators or packing glands/stuffing boxes are used for this purpose.

Tabla 15:
Distancia en metros entre apoyos en tuberías horizontales
Distance en mètres entre les supports des tuyauteries horizontales
Distance between supports for horizontal pipes (in metres)

DN tubo	PE 40			PE 80			PE 100		
	PN 4 bar	PN 6 bar	PN 10 bar	PN 6 bar	PN 10 bar	PN 16 bar	PN 6 bar	PN 10 bar	PN 16 bar
20	-	-	0,3	-	0,3	0,4	-	-	0,3
25	-	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	-	0,4	0,4
32	-	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	-	0,5	0,5
40	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6
50	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
63	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9
75	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0
90	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	-	1,1	1,2	1,2
110	1,3	1,4	1,5	1,4	1,5	-	1,3	1,4	1,5
125	-	-	-	1,6	1,6	-	1,4	1,6	1,6
140	-	-	-	1,7	1,8	-	1,5	1,7	1,8
160	-	-	-	1,9	2,0	-	1,7	1,9	2,0
180	-	-	-	2,1	2,2	-	1,8	2,1	2,2
200	-	-	-	2,2	2,4	-	2,0	2,2	2,4
225	-	-	-	2,4	2,6	-	2,1	2,4	2,6
250	-	-	-	2,6	2,8	-	2,3	2,6	2,8
280	-	-	-	2,8	3,1	-	2,4	2,8	3,1
315	-	-	-	3,0	3,4	-	2,6	3,0	3,4
355	-	-	-	3,3	3,6	-	2,8	3,3	3,6
400	-	-	-	3,5	3,9	-	3,0	3,5	3,9
450	-	-	-	3,8	4,2	-	3,3	3,8	4,2
500	-	-	-	4,1	4,5	-	3,5	4,1	4,5
560	-	-	-	4,3	-	-	3,7	4,3	-
630	-	-	-	4,6	-	-	3,9	4,6	-
710	-	-	-	4,9	-	-	4,3	4,9	-
800	-	-	-	5,3	-	-	4,6	5,3	-

Conductividad térmica y condensaciones

El coeficiente de conductividad térmica del PE-100 es de 0,35 W/mK (DIN 52612). Si lo comparamos con el del cobre, 384 W/mK o el del hierro 58 W/mK, comprenderemos que con los tubos de PE-100 el problema de las condensaciones es casi nulo.

No obstante, según el RITE* de agosto del 2007, el espesor de los aislantes (conductividad del aislante, 0.04 W/mK) a poner en los tubos que han de transportar fluidos calientes, para evitar condensaciones han de estar de acuerdo con las siguientes tablas:

Para fluidos calientes, por el interior de edificios:

Conductibilité thermique et condensations

Le coefficient de conductibilité thermique du PE-100 est de 0,35 W/mK (DIN 52612). Comparé à celui du cuivre, qui est de 384 W/mK, ou celui du fer, 58 W/mK, il devient évident qu'avec les tubes en PE-100 le problème de condensation est quasi nul.

Cependant, d'après le RITE* d'août 2007, l'épaisseur des isolants (conductibilité de l'isolant, 0,04 W/mK) dont il convient d'équiper les tuyaux devant transporter des fluides chauds afin d'éviter la condensation doit respecter les données des tableaux ci-dessous:

Pour des fluides chauds, à l'intérieur des bâtiments:

Thermal conductivity and condensation

The heat transfer coefficient of PE-100 is 0.35 W/mK (DIN 52612). If this is compared with 384 W/mK for copper or 58 W/mK for iron, it can be seen that condensation problems are practically non-existent with PE-100 pipes.

However, according to the Spanish regulations for heating installations in buildings (RITE) of August 2007, in order to avoid condensation the thickness of the lagging (heat transfer coefficient of the insulation material: 0.04 W/mK) for pipes that are to carry hot fluids must comply with the following tables:

For hot fluids in the interior of buildings:

Diámetro exterior del tubo a forrar (mm) Diamètre extérieur du tube à doubler (mm) Outer diameter of the tube to cover (mm)	Temperatura máxima del fluido (ºC) - Température maximale du fluide (ºC) - Maximum temperature of the fluid (ºC)		
	40 < T ≤ 60	**60 < T ≤ 100**	**100 < T ≤ 180**
D ≤ 35	25	25	30
35 < D ≤ 60	30	30	40
60 < D ≤ 90	30	30	40
90 < D ≤ 140	30	40	50
140 < D	35	40	50

Para fluidos calientes, por el exterior de edificios:

Pour des fluides chauds, à l'extérieur des bâtiments:

For hot fluids on the exterior of buildings:

Diámetro exterior del tubo a forrar (mm) Diamètre extérieur du tube à doubler (mm) Outer diameter of the tube to cover (mm)	Temperatura máxima del fluido (ºC) - Température maximale du fluide (ºC) - Maximum temperature of the fluid (ºC)		
	40 < T ≤ 60	**60 < T ≤ 100**	**100 < T ≤ 180**
D ≤ 35	35	35	40
35 < D ≤ 60	40	40	50
60 < D ≤ 90	40	40	50
90 < D ≤ 140	40	50	60
140 < D	45	50	60

Para fluidos fríos, por el interior de edificios:

Pour des fluides froids, à l'intérieur des bâtiments:

For cold fluids on the interior of buildings:

Diámetro exterior del tubo a forrar (mm) Diamètre extérieur du tube à doubler (mm) Outer diameter of the tube to cover (mm)	Temperatura mínima del fluido (ºC) - Température minimale du fluide (ºC) - Minimum temperature of the fluid (ºC)		
	-10 < T ≤ 0	**0 < T ≤ 10**	**10 < T**
D ≤ 35	30	20	20
35 < D ≤ 60	40	30	20
60 < D ≤ 90	40	30	30
90 < D ≤ 140	50	40	30
140 < D	50	40	30

Para fluidos fríos, por el exterior de edificios:

Pour des fluides froids, à l'extérieur des bâtiments:

For cold fluids on the exterior of buildings:

Diámetro exterior del tubo a forrar (mm) Diamètre extérieur du tube à doubler (mm) Outer diameter of the tube to cover (mm)	Temperatura mínima del fluido (ºC) - Température minimale du fluide (ºC) - Minimum temperature of the fluid (ºC)		
	-10 < T ≤ 0	**0 < T ≤ 10**	**10 < T**
D ≤ 35	50	40	40
35 < D ≤ 60	60	50	40
60 < D ≤ 90	60	50	50
90 < D ≤ 140	70	60	50
140 < D	70	60	50

Si el funcionamiento de las redes es todo el año, los espesores de aislamiento tendrán que ser 5 mm mayores de los indicados en las tablas.

Para tubos de diámetro exterior menor o igual a 20 mm. y de longitud menor de 5 metros (desde la conexión a la red general hasta la unidad terminal), y que estén empotradas en tabiques, suelos o instaladas en canaletas interiores, será de 10 mm.

Si se utilizan materiales aislantes de conductividad térmica distinta de la de referencia, su espesor se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$d = \frac{D}{2} \times \left[Exp \left(\frac{\lambda}{\lambda ref} \times 1n \frac{D + 2 \times dref}{D} \right) - 1 \right]$$

Donde: **d** es el espesor del nuevo aislante; **D** es el diámetro exterior del tubo a forrar; λ es la

Si le fonctionnement des réseaux est tout l'année, les épaisseurs des isolants doivent être supérieures de 5 mm. à celles indiquées dans les tableaux.

Pour des tubes d'un diamètre extérieur inférieur ou égal à 20 mm. et d'une longueur de moins de 5 mètres (du raccordement au réseau général jusqu'à l'unité finale), encastrés dans des cloisons ou des sols ou placés dans des goulottes intérieures, l'épaisseur doit être augmentée de 10 mm.

En cas d'utilisation de matériaux isolants d'une conductibilité thermique autre que celle de référence, l'épaisseur est calculée à l'aide de l'équation suivante:

$$d = \frac{D}{2} \times \left[Exp \left(\frac{\lambda}{\lambda ref} \times 1n \frac{D + 2 \times dref}{D} \right) - 1 \right]$$

If the installations are in use every day of the year, the insulation must be 5 mm thicker than shown in the tables.

For pipes with an external diameter of 20 mm or less and a length of less than 5 metres (from the mains inlet to the final unit) concealed in walls, floors or interior trunking, the lagging must be 10 mm thick.

If insulating materials with heat transfer coefficients other than the reference value are used, their thickness must be calculated by the following equation:

$$d = \frac{D}{2} \times \left[Exp \left(\frac{\lambda}{\lambda ref} \times 1n \frac{D + 2 \times dref}{D} \right) - 1 \right]$$

where: **d** is the thickness of the new insulation. **D** is the external diameter of the pipe to be lagged.

conductividad térmica del material empleado en W/mK; **λref** es la conductividad térmica del material aislante para el que se han calculado las tablas, igual a 0.04 W/mK; y **dref** es el espesor que dan las tablas para el material aislante de referencia.

Ejemplo: Se quiere forrar un tubo de diámetro nominal 75 mm., que irá en el interior de un edificio transportando agua a 0ºC, y se quiere emplear un aislante con una conductividad térmica de 0.037 W/mK.

Tenemos: D = 75 mm.

λ = 0.037 W/mK

λref = 0.04 W/mK

Según la tabla, si cruzamos la fila de “60 < D ≤ 90” con la columna “-10 < T < 0”, dref = 40 mm.

Aplicando la ecuación:

$$d = \frac{75}{2} \times \left[\text{Exp} \left(\frac{0.037}{0.04} \times 1n \frac{75 + 2 \times 40}{75} \right) - 1 \right] = 35.81\text{mm}$$

De esta forma dependiendo de la conductividad del aislante podemos calcular el espesor a emplear.

Las tuberías de PE-100, pueden colocarse directamente, en obra sobre hormigón, yesos o cementos, se tomarán precauciones, para posibles dilataciones lineales, cambios de dirección.

El empleo de tuberías PE-100, en instalaciones de fluidos con circulación seudo-estacionario o transitorio, debido a la menor dispersión térmica, reduce el consumo energético, por la menor inercia térmica, mantiene el agua suficientemente caliente en el interior del tubo, este consumo energético, supone cerca del 20%.

La ventaja del consumo energético, la rápida aparición del agua caliente, en el punto de consumo, mejora la mezcla.

Soit: **d** l’épaisseur du nouvel isolant; **D** le diamètre extérieur du tube à doubler; λ la conductibilité thermique du matériau utilisé en W/mK; **λref** la conductibilité thermique du matériau isolant pour lequel sont calculés les tableaux, égale à 0,04 W/mK; et **dref** l’épaisseur indiquée par les tableaux pour le matériau isolant de référence.

Exemple: On souhaite doubler un tube d’un diamètre nominal de 75 mm., qui sera placé à l’intérieur d’un bâtiment afin de transporter de l’eau a 0ºC et l’on veut utiliser un isolant dont la conductibilité thermique est de 0,037 W/mK.

Avec: D = 75 mm.

λ = 0.037 W/mK

λref = 0.04 W/mK

D’après le tableau, on suit la ligne “60 < D ≤ 90” jusqu’à la colonne “-10 < T < 0”, dref = 40 mm.

On applique l’équation:

$$d = \frac{75}{2} \times \left[\text{Exp} \left(\frac{0.037}{0.04} \times 1n \frac{75 + 2 \times 40}{75} \right) - 1 \right] = 35.81\text{mm}$$

Ainsi, en fonction de la conductibilité de l’isolant, on peut calculer l’épaisseur à utiliser.

Les tuyaux en PE-100 peuvent être posés directement dans une construction, sur du béton, du plâtre ou du ciment, on pendra les précautions nécessaires, pour les possibles dilatations linéaires, les changements de direction.

La dispersion thermique étant moindre, l’emploi des tuyaux de PE-100 dans des installations de fluides à circulation pseudo-stationnaire ou transitoire, réduit la consommation énergétique, à cause de l’inertie thermique plus faible, en maintenant l’eau suffisamment chaude á l’intérieur du tuyau; cette consommation d’énergie représente près de 20%.

L’avantage de la consommation d’énergie, la rapide apparition de l’eau chaude au point de consommation, améliorent le mélange.

λ is the heat transfer coefficient in W/mK of the insulating material. **λref** is the heat transfer coefficient of the insulating material on which the tables are based and is 0.04 W/mK. **dref** is the thickness given in the tables for the reference insulating material.

Example: A pipe with a nominal diameter of 75 mm, for installation inside a building to carry water at 0ºC, is to be lagged with an insulating material with a heat transfer coefficient of 0.037 W/mK.

If: D = 75 mm

l = 0.037 W/mK

lref = 0.04 W/mK,

and according to the table, at the intersection between the 60 < D < 90 row and the -10 < T < 0 column, dref = 40 mm,

Then applying the following equation

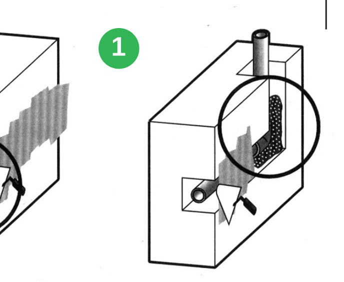
$$d = \frac{75}{2} \times \left[\text{Exp} \left(\frac{0.037}{0.04} \times 1n \frac{75 + 2 \times 40}{75} \right) - 1 \right] = 35.81\text{mm}$$

gives the lagging thickness for the heat transfer coefficient of the insulating material to be used.

PE-100 pipes can be placed directly on concrete, plaster or cement, but prrecautions must be taken to account for linear expansions and changes of direction.

When the liquids are not constantly flowing there is a lower thermal dispersion that allows energy savings and, as the thermal inertia is lower, the water is kept hot enough in the tube. Therefore, the use of PE-100 pipes in this type of installation provides energy savings of around 20%.

Energy savings are possible because hot water is quickly available at the outlet, and therefore the mixture of cold and hot water is also quickler.





INCORRECTO/INCORRECT/WRONG	CORRECTO/CORRECT/RIGHT

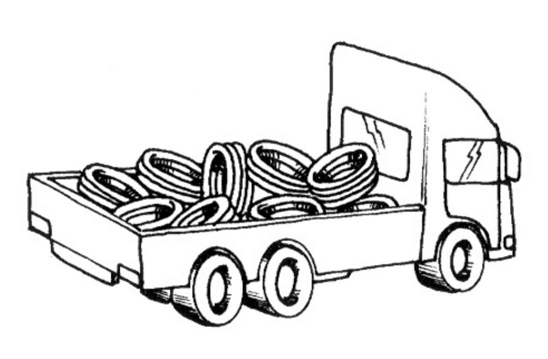


Fig. 28

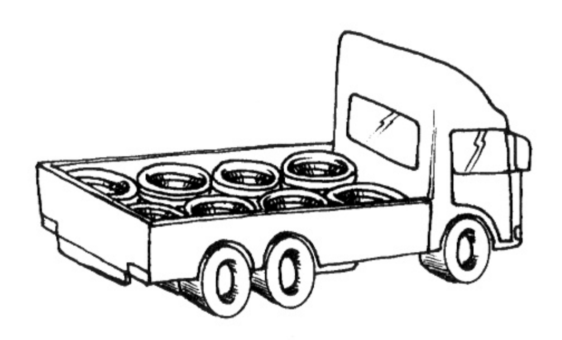


Fig. 29

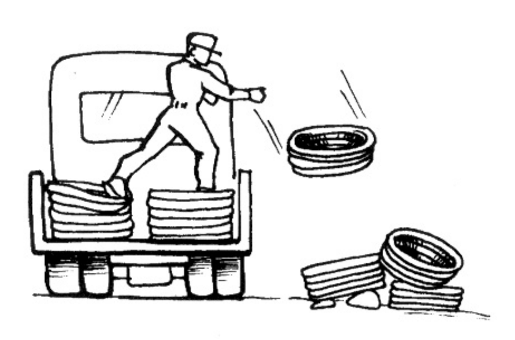


Fig. 30

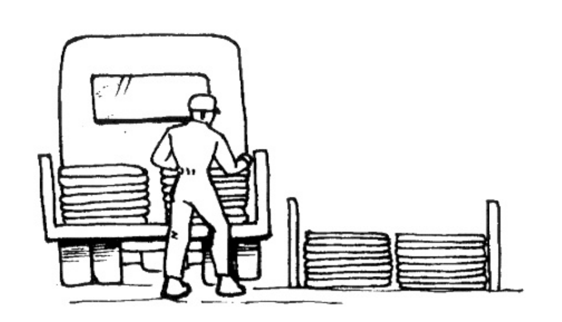


Fig. 31



Fig. 32

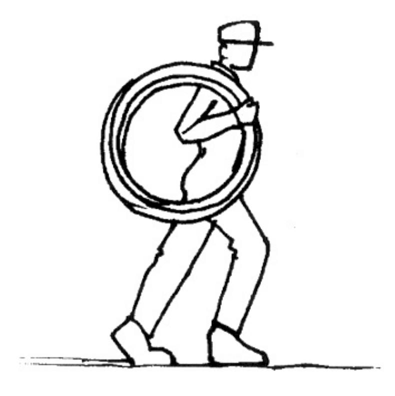


Fig. 33

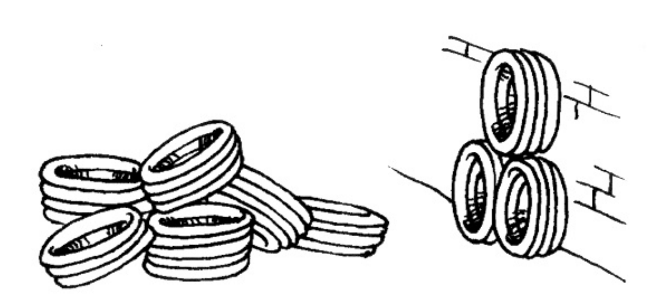


Fig. 34

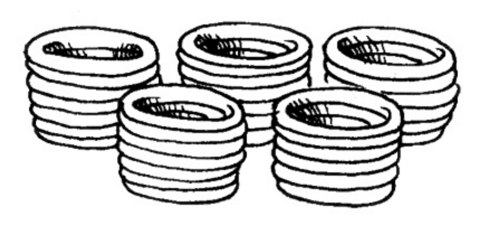


Fig. 35

INCORRECTO/INCORRECT/WRONG	CORRECTO/CORRECT/RIGHT	INCORRECTO/INCORRECT/WRONG	CORRECTO/CORRECT/RIGHT

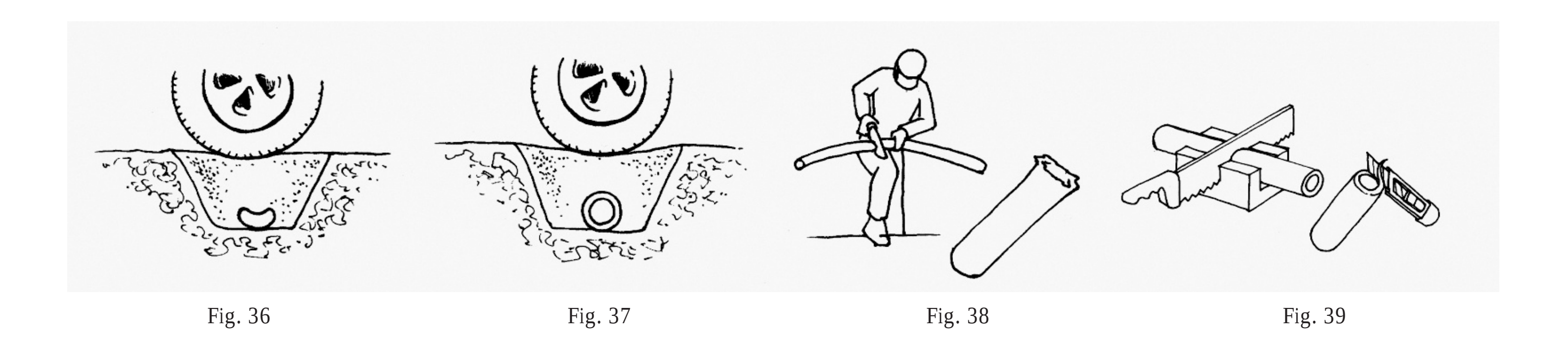


Fig. 36 Fig. 37 Fig. 38 Fig. 39

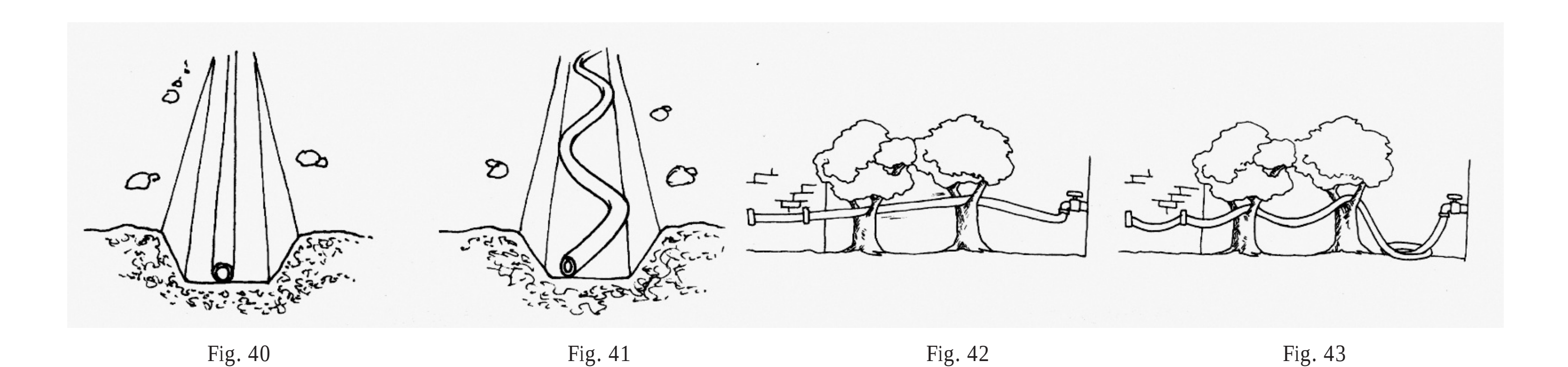


Fig. 40 Fig. 41 Fig. 42 Fig. 43

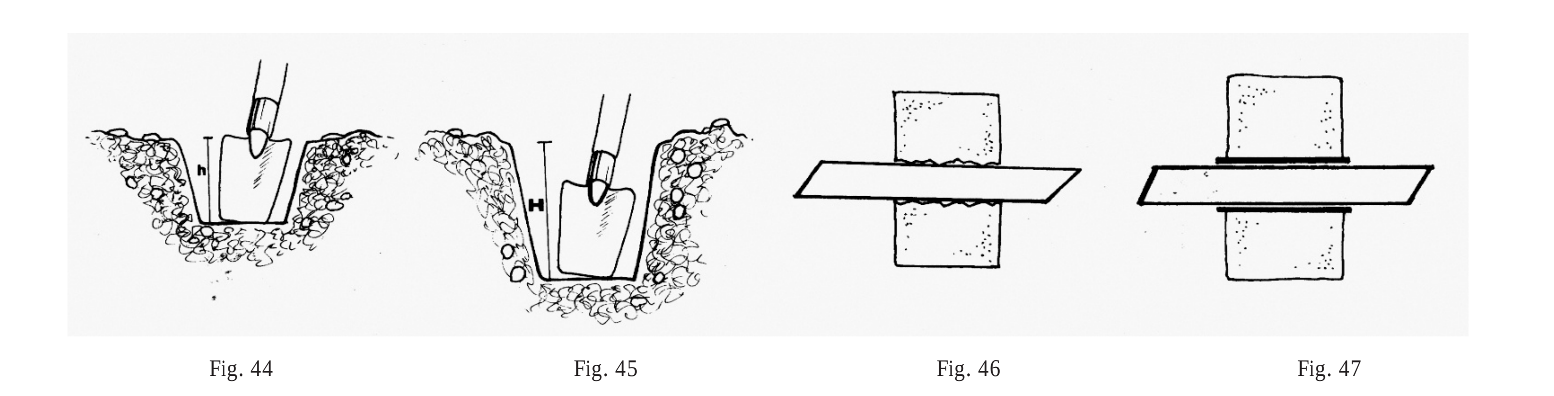


Fig. 44 Fig. 45 Fig. 46 Fig. 47

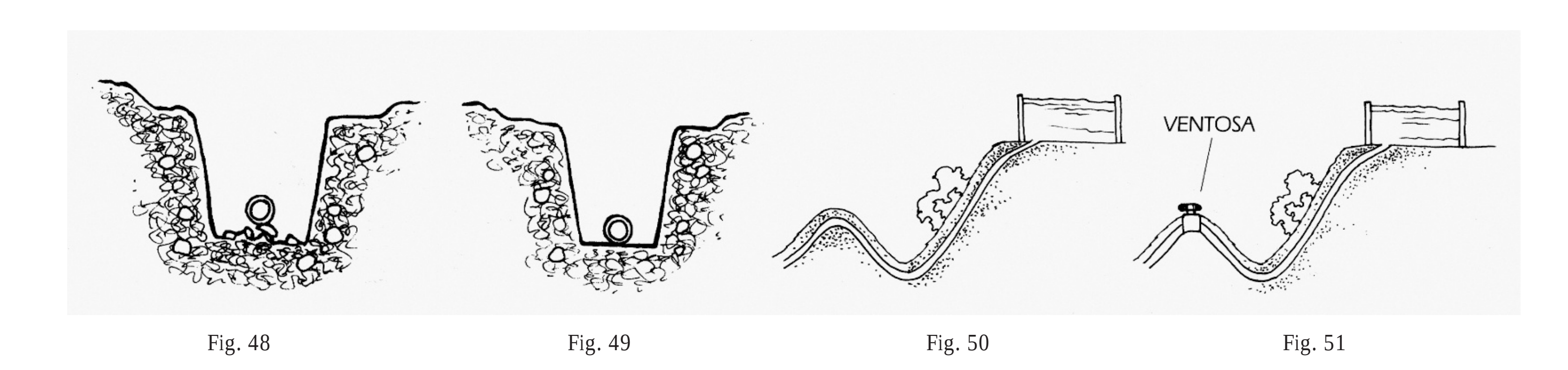


Fig. 48 Fig. 49 Fig. 50 Fig. 51

5.6.- Pruebas de las tuberías instaladas

5.6.1.- PRUEBAS DE PRESIÓN INTERIOR (PRESIÓN HIDROSTÁTICA)

Las pruebas de presión hidrostática se realizarán por tramos de menos de 500 m de longitud de tubería, y se llevarán a cabo a medida que va terminándose el montaje en cada tramo, sin esperar a tener toda la obra terminada.

La presión hidrostática interior para la prueba en zanja, no debe sobrepasar nunca en 1.4 veces la presión máxima de trabajo de la tubería, en el punto más bajo del tramo. La presión se hará subir lentamente, no superando 1kg/cm^2 por minuto.

Antes de empezar la prueba deben estar colocados en su posición definitiva todos los accesorios de la conducción y la tubería estará convenientemente anclada en todos los cambios de dirección así como en los puntos fijos. El anclaje debe ser diseñado para resistir el máximo empuje desarrollado durante la prueba hidrostática. La zanja debe ser por pequeños tramos parcialmente rellenada, con el fin de evitar movimientos de la tubería, dejando siempre al descubierto las uniones.

Se empezará por llenar lentamente de agua el tramo objeto de la prueba, dejando abierto todos los elementos que puedan dar salida al aire, los cuales se irán cerrando después sucesivamente de abajo hacia arriba una vez se haya comprobado que no existe aire en la conducción. A ser posible se dará entrada al agua por la parte baja, con lo cual se facilita la expulsión del aire por la parte alta. Si esto no fuera posible, el llenado se hará aún más lentamente para evitar que quede aire en la tubería. En el punto más alto de la conducción se colocará una válvula de purga para expulsión del aire y para comprobar que todo el tramo objeto de la prueba se encuentra comunicado debidamente.

Una vez lleno en su totalidad el tramo, se realizará una inspección inicial hasta comprobar que todas las uniones son estancas.

El equipo necesario para la prueba de presión deberá tener los elementos apropiados para regular el aumento de presión. Se colocará en el punto más bajo de la tubería que se va a probar y estará provisto de los manómetros previamente calibrados.

Los extremos del tramo que se quiere probar se cerrarán convenientemente y serán fácilmente desmontables, para poder continuar el montaje de la tubería. Si existen llaves intermedias en el tramo de prueba, deberán estar completamente abiertas.

5.6.- Essais postérieurs à la pose des tubes

5.6.1.- ESSAIS DE PRESSION INTERNE (PRESSION HYDROSTATIQUE)

Réalisez les essais de pression hydrostatique par tronçons de moins de 500 m de longueur de tube au fur et à mesure de leur montage, sans attendre la fin des travaux.

La pression hydrostatique interne pour les essais en tranchée ne doit jamais dépasser 1,4 fois la pression maximale de travail du tube au point le plus bas du tronçon. L'augmentation de la pression doit être lente et ne pas excéder 1 kg/cm^2 par minute.

Avant de commencer les essais situez tous les accessoires de la conduite à leur emplacement définitif et fixez-la convenablement tant au niveau des changements de direction qu'au niveau des points fixes. La fixation doit être conçue de façon à résister à la poussée maximale exercée lors de l'essai hydrostatique. Remblayez partiellement la tranchée par tronçons afin d'éviter que la conduite ne bouge, tout en laissant les raccords à découvert.

Commencez par remplir lentement d'eau le tronçon concerné par l'essai en laissant ouverts tous les éléments susceptibles de permettre la sortie de l'air, et fermez ces derniers successivement de l'aval vers l'amont après avoir vérifié que la conduite ne contient pas d'air. Dans la mesure du possible commencez par faire entrer l'eau par la partie la moins élevée pour permettre l'expulsion de l'air par la partie la plus élevée. Si cela s'avère impossible, effectuez un remplissage plus lent afin d'éviter qu'il ne reste de l'air dans le tube. Au point le plus haut de la conduite placez une valve de purge pour permettre l'expulsion de l'air et vérifiez que tout le tronçon concerné par l'essai est convenablement connecté.

Après avoir entièrement rempli le tronçon, effectuez un premier examen de tous les raccords pour vous assurer de leur étanchéité.

L'équipement requis pour les essais de pression doit inclure tous les éléments appropriés pour régler l'augmentation de la pression. Il doit être placé en aval du tube à tester et doté des manomètres préalablement calibrés.

Les extrémités du tronçon à tester doivent être convenablement obturées et facilement démontables pour poursuivre le montage du tube. Les valves intermédiaires présentes sur le tronçon testé doivent être complètement ouvertes.

5.6.- Tests for installed pipes

5.6.1.- INTERNAL PRESSURE (HYDROSTATIC PRESSURE) TESTS

Hydrostatic pressure tests are carried out on sections of less than 500 m as they are installed, without waiting for the whole installation to be finished.

The internal hydrostatic pressure for this test in a trench must never exceed 1.4 times the maximum operating pressure of the pipe at the lowest point of the section. The pressure must increase slowly, without exceeding 1 kg/cm^{2}per minute.

Before starting the test, all the fittings must be mounted in their definitive position, and the pipe must be properly anchored at all the changes of direction and at all the fixed points. The anchoring must be designed to withstand the maximum thrust generated during the hydrostatic test. The trench must be partially backfilled section by section, in order to prevent the pipe from moving, but always leaving the joints uncovered.

The first step is to fill the section slowly with water, leaving open all the elements that can let air out. These elements will be closed successively from bottom to top once it has been confirmed that there is no air left in the conduit. If possible, the water will be fed into the pipe from the lowest point of the pipe, as this facilitates the expulsion of air through the top. If it is not possible, the pipe must be filled with water even more slowly, to make sure no air is trapped inside the pipe. An air-vent valve must be mounted at the highest point of the conduit to let the air out and to ensure the whole section being tested is properly linked.

Once the section is filled up, an initial inspection is carried out to ensure all the joints are watertight.

The equipment required for the test must have the necessary elements to control the increase in pressure. The equipment must be placed at the lowest point of the pipe to be tested and must include pre-calibrated manometers.

The ends of the section must be properly closed, whilst ensuring they are easy to reopen in order to continue the installation. If there are any intermediate stopcocks in the section being tested, they must be completely open.

Una vez obtenida la presión de prueba se parará durante 30 minutos y se considerará la prueba satisfactoria cuando durante este tiempo el manómetro no acuse descenso superior a $\sqrt{p/5}$, siendo p la presión de prueba en zanja en kg/cm^2. Cuando el descenso del manómetro sea superior, se corregirán las fugas y se procederá a una nueva prueba, hasta obtener un resultado satisfactorio.

Para las reparaciones de fugas o secciones dañadas pueden emplearse varios métodos. En general la mejor forma es cortar la sección dañada y reemplazarla por una unidad prefabricada o por accesorios. Cuando el fallo o el daño ocurre en una unión soldada, la soldadura original debe ser eliminada totalmente antes de ser soldada de nuevo.

5.6.2.- PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD

Se utiliza para probar las tuberías de saneamiento de poblaciones que trabajan sin presión interior.

Se deberá probar al menos el 10% de la longitud total de la red, salvo que el Pliego de Condiciones técnicas particulares fije otra distinta. El director de obra determinará los tramos que deberán probarse.

La prueba se realizará obturando la entrada de la tubería en la arqueta de aguas abajo así como cualquier otro punto por el que pudiera salirse el agua. A continuación se llenará completamente de agua la tubería y la arqueta de aguas arriba del tramo a probar.

Transcurridos 30 minutos del llenado se inspeccionarán los tubos, las uniones y las arquetas, comprobando que no hay pérdidas de agua.

Si se aprecian fugas durante la prueba, el Contratista las corregirá procediéndose a continuación a una nueva prueba. En este caso el tramo en cuestión no se tendrá en cuenta para el cómputo de la longitud total a ensayar.

Une fois que vous avez atteint la pression d'essai, effectuez un arrêt de 30 minutes ; si au cours de cette période le manomètre n'enregistre pas de baisse supérieure à $\sqrt{p/5}$, la pression d'essai en kg/cm^2, l'essai pourra être considéré comme satisfaisant. Si la baisse du manomètre est supérieure, corrigez les fuites et réalisez un nouvel essai, jusqu'à ce que vous obteniez un résultat satisfaisant.

Pour les réparations de fuites ou de sections endommagées, plusieurs méthodes peuvent être utilisées. La meilleure méthode consiste généralement à couper la section endommagée et à la remplacer par une unité préfabriquée ou par des accessoires. Lorsque le problème ou le dommage concerne un raccord soudé, la soudure originale doit être entièrement éliminée avant d'exécuter une nouvelle soudure.

5.6.2.- ESSAIS D'ÉTANCHÉITÉ

Ils permettent de tester les tuyauteries des réseaux d'assainissement urbains fonctionnant sans pression interne.

Il convient de tester au moins 10% de la longueur totale du réseau, à moins que le Cahier des charges techniques particulières ne prévoit un taux différent. Il revient au maître d'œuvre de déterminer les tronçons à soumettre aux essais.

L'essai consiste à obturer l'entrée du tube au niveau du réservoir en aval ainsi que tout autre point par lequel l'eau pourrait s'échapper. Il faut ensuite remplir complètement d'eau le tube et le réservoir en amont du tronçon concerné par l'essai.

Trente minutes après le remplissage, vérifiez les tubes, les raccords et les réservoirs afin de vous assurer qu'il n'y ait aucune perte d'eau.

Dans le cas de l'apparition de fuites, l'Entrepreneur devra les faire réparer et effectuer ensuite un nouvel essai. Le tronçon concerné ne sera alors pas pris en compte dans le calcul de la longueur totale à tester.

Once the test pressure has been reached, it will be maintained for 30 minutes and the test will be considered a success if after that time the manometer does not indicate a pressure drop of more than $\sqrt{p/5}$, where p is the testing pressure in kg/cm^2 When the pressure drop is higher, the leaks have to be fixed and a new test carried out, until a satisfactory result is obtained.

There are several methods to repair leaks or damaged sections. Usually the best method is to cut the damaged section off and replace it with a precast unit or with fittings. When the fault or damage occurs in a welded joint, the original welding must be completely rejected and the parts welded together again.

5.6.2.- WATERTIGHTNESS TESTS

This test is used for urban sanitation pipes that work without internal pressure.

At least 10% of the total length of the network must be tested, unless otherwise stated in the relevant technical specifications. The director of the installation will decide what sections will be tested.

The test is carried out sealing up the entrance to the pipe in the downstream manhole as well as any other point where the water might come out. Next the pipe and its upstream manhole are filled up with water.

After 30 minutes, pipes, joints and manholes are checked to ensure there are no water leaks.

If leaks are detected during the test, the contractor must fix them and carry out a new test. In this case, the section will not be taken into account for the total length that has to be tested.




6.- TUBERÍAS DE PE 100

6.1.- Introducción

Los motivos de la mayor competitividad de las tuberías de polietileno se deben ante todo a sus propiedades, tales como la resistencia a la corrosión, la flexibilidad, la soldabilidad, la resistencia química y la posibilidad de aplicar técnicas de unión, como la polifusión y electrofusión, que permiten una instalación rápida y sencilla.

A continuación se presenta las nuevas series de tubos de PE100, el cual además de conservar las propiedades que han hecho prosperar el PE, proporcionan un sistema de tuberías más competitivo y además abre nuevas posibilidades en la aplicación del PE en las que hasta ahora no se podía utilizar.

Las tuberías de PE 100 proporcionan la posibilidad de reducir el peso de los tubos en un 30% y en ocasiones algo más. Esto es posible porque se utiliza una mayor tensión de diseño (8 MPa en lugar de 5 MPa) que en las tuberías de otros PE, lo cual permite menores espesores de pared para la misma aplicación, o que se pueda utilizar el mismo tubo para presiones mayores cuando se utiliza este nuevo material.

6.- TUBES REPOLEN® PE-100

6. 1.-Introduction

La grande compétitivité des tubes en polyéthylène est due avant tout à leurs propriétés, telles la résistance à la corrosion, la souplesse, la soudabilité, la résistance chimique et la possibilité d'appliquer des techniques d'assemblage comme la polyfusion et l'électrofusion, qui permettent une pose rapide et simple.

Ci-après sont présentées les nouvelles séries de tubes en PE-100, qui conservent les propriétés qui ont fait le succès du PE tout en étant plus compétitives et offrant de nouvelles possibilités d'application.

Les tubes en PE-100 permettent de réduire le poids des tubes de 30% voire plus. Cela est possible grâce à l'utilisation d'une contrainte de conception plus importante (8 MPa au lieu de 5 MPa) que celle des autres types de polyéthylène, ce qui permet des épaisseurs de parois plus fines pour la même application ou encore d'utiliser des pressions supérieures.

6.- PE 100 PIPES

6.1 .-Introduction

The most competitive elements of polyethylene pipes are their properties, such as resistance to corrosion, flexibility, weldability, chemical resistance and the possibility of applying different joining techniques, such as polyfusion and electrofusion, which allow a quick and easy installation.

Below are the new PE 100 series that, apart from maintaining the properties that have made PE prosper, provide a more competitive pipe system and open new possibilities for PE application that have not been possible until now.

The weight of PE 100 pipes can be reduced by 30% and sometimes even more. This is possible thanks to a higher design stress (8 MPa rather and 5 MPa) than other PE pipes, which allows thinner walls for the same application, or the use of the same tube for higher pressures.

6.2.- Características técnicas y dimensiones de las tuberías de pe 100

6.2.- Caractéristiques techniques et dimensions des tubes en pe-100

6.2.- Technical properties and dimensions of pe 100 pipes

PN / PN / NP	20 BAR		16 BAR		10 BAR	
Diámetro nominal Diamètre nominal Nominal diameter	Espesor mínimo (mm) Epaisseur minimale (mm) Minimum thickness	Espesor máximo (mm) Epaisseur maximale (mm) Maximum thickness	Espesor mínimo (mm) Epaisseur minimale (mm) Minimum thickness	Espesor máximo (mm) Epaisseur maximale (mm) Maximum thickness	Espesor mínimo (mm) Epaisseur minimale (mm) Minimum thickness	Espesor máximo (mm) Epaisseur maximale (mm) Maximum thickness
20	2,3	2,7	2	2,3	-	-
25	3	3,4	2,3	2,7	-	-
32	3,6	4,1	3	3,4	2	2,3
40	4,5	5,1	3,7	4,2	2,4	2,8
50	5,6	6,3	4,6	5,2	3	3,4
63	7,1	8,0	5,8	6,5	3,8	4,3
75	8,4	9,4	6,8	7,6	4,5	5,1
90	10,1	11,3	8,2	9,2	5,4	6,1
110	12,3	13,7	10	11,1	6,6	7,4
125	-	-	11,4	12,7	7,4	8,3
140	-	-	12,7	14,1	8,3	9,3
160	-	-	14,6	16,2	9,5	10,6

Tabla 16: Dimensiones de las tuberías PE100 para conducciones de agua a presión
Tableau 16: Dimensions des tuyaux en PE100 pour conduites d'eau à pression.
Table 16: Dimensions of PE100 pipes for water conductions to pressure.

6.3.- Tuberías para gas y para el transporte de sólidos

Las tuberías de polietileno de alta y media densidad, se vienen empleando desde hace más de tres décadas para las instalaciones que conducen gas, con unos resultados brillantes, incluso soportando sobrepresiones de hasta 5 bars.

Las tuberías REPOLEN®, por estar fabricadas en estos materiales, han ido ganando mercado y aceptación generalizada por la seguridad de sus prestaciones y comportamiento práctico. A ello hay que sumarle la rentabilidad y la facilidad de manejo.

La norma DVGW G 477 regula las condiciones de fabricación y la calidad de las conducciones para gas fabricadas en PE, y presta atención también a las conexiones. Igualmente se contempla el tema de las sobrepresiones: hasta 1 bar puede emplearse tubería de la serie 4 y, hasta 4 bars, de la serie 5 según DIN 8074 (equivalentes a S=8,3 y S=5 conforme a la ISO 4065).

REPOLEN® cumple escrupulosamente la normativa vigente.

Aunque algunos fabricantes han empleado polietileno de color amarillo para diferenciar una instalación de gas, el único color resistente a las radiaciones solares y recomendado por su seguridad, es el negro. Tanto el PE 80 como el PE 100, materiales utilizados en la fabricación de REPOLEN® Tubería para exteriores, presentan una adición de color negro-humo a la materia prima que garantiza muchos años de resistencia a la intemperie, tanto en uso como en periodo de almacenamiento.

6.3.- Tubes pour le gaz et pour le transport de solides

Les tubes en polyéthylène haute et moyenne densité sont utilisés depuis plus de trente ans pour les réseaux de distribution de gaz avec d'excellents résultats même pour les surpressions jusqu'à 5 bars.

Les tubes REPOLEN® sont fabriqués dans ces matériaux ce qui leur a valu de gagner progressivement des parts de marché et d'être massivement acceptées grâce à la sécurité de leurs prestations et leur comportement pratique. Ajoutons en outre leur rentabilité et leur manipulation aisée.

La norme DVGW G 477 réglemente les conditions de fabrication et la qualité des conduites de gaz fabriquées en PE et des raccordements. Les surpressions sont également réglementées : les tubes de la série 4 peuvent être utilisés jusqu'à 1 bar et ceux de la série 5 jusqu'à 4 bars, conformément à la norme DIN 8074 (équivalents à S = 8,3 et S = 5, conformément à la norme ISO 4065).

REPOLEN® est dans le plus grand respect de la réglementation en vigueur.

Bien que certains fabricants aient utilisé du polyéthylène de couleur jaune pour identifier une installation de gaz, la seule couleur résistante aux radiations solaires et recommandée par sa sécurité est le noir. Le PE-80 tout comme le PE-100, matériaux utilisés dans la fabrication de REPOLEN® Tube pour usage extérieur, présentent une couche de couleur noir fumée dont la matière première est enduite garantissant de longues périodes de résistance aux intempéries, aussi bien lors de l'usage que lors du stockage.

6.3.- Pipes for conveying gas and solids

High and medium density polyethylene pipes have been used for more than three decades in installations that convey gas, with excellent results, even withstanding excess pressures of up to 5 bars.

REPOLEN® pipes are made of these materials, allowing them to obtain a greater market share and to be widely accepted because of the safety of their performance and their behaviour on site. Other advantages are that they are cost-effective and easy to handle.

The DVGW G 477 standard regulates the manufacturing conditions and the quality of PE conduits and connections for gas. It also covers the issue of excess pressure: According to DIN 8074, 4 series pipes can be used with up to 1 bar, and 5 series pipes can be used with up to 4 bars (equivalent to S=8.3 and S=5 according to ISO 4065).

REPOLEN® complies with current regulations.

Although manufacturers have used yellow polyethylene to differentiate gas installations, the only colour that is resistant to solar radiations and that is recommended for its safety is black. Smoky black has been added to the raw material of both PE 80 and PE 100, materials used to manufacture REPOLEN® Outside Pipes, and this addition guarantees it will last many years outdoors either in storage or in use.

Aunque hace algunos años se creía que el polietileno envejecería prematuramente al entrar en contacto con los productos aromáticos contenidos en el gas natural (por ejemplo el THT o tetrahidrotiofeno) se ha llegado a la conclusión, tras numerosos ensayos en laboratorio y experiencias prácticas, de que el factor de resistencia f_{CRT} a los gases naturales de composición usual, con 20 mg/m de THT, es de 5. Ello significa que, la duración de las tuberías REPOLEN® es muy superior a los 50 años, considerando una temperatura media anual de 20°C.

Además, REPOLEN® cumple la ISO 44 37/EN 921, norma según la cual se prevé un ensayo de larga duración con la presencia de substancias que acompañan al gas, en forma de una mezcla den-decano y de 1-3-5 Trimetilbenceno, bajo las condiciones 80°C, 2 Mpa, ≤20 h.

En cuanto a las pérdidas de gas por permeación, son mínimas, dado el grueso de las paredes en las tuberías REPOLEN®, y según las propias compañías de gas, al ser muy inferiores a las registradas en instalaciones convencionales, se consideran de nula importancia tanto desde el punto de vista económico como ecológico.

Como sucede en otras instalaciones de polietileno, para la construcción de una que conduzca gas se emplean los métodos usuales de soldadura (unión con manguitos electrosoldables y polifusión).

Saneamiento de conducciones de gas

Al sustituir el gas ciudad por gas natural, las antiguas conducciones, por ejemplo, de hierro colado con manguitos calafateados, perdieron en muchos casos su hermeticidad, debido al resecado del material de las juntas. Introduciendo en su interior tuberías de polietileno (proceso de “relining”), se ahorra una gran parte de los gastos que supondría sustituirlas por entero. Gracias a su flexibilidad, las tuberías de polietileno resultan especialmente adecuadas para este método.

Tuberías para el transporte de sólidos

Por su gran resistencia al desgaste y a la corrosión, así como por sus escasas pérdidas de presión, las tuberías de polietileno se han acreditado para el transporte hidráulico de arena extraída por dragado y en plantas productoras de cuarzo, de minerales en suspensión, de hormigón bombeado o de productos de activación de minas.

Voici quelques années on croyait que le polyéthylène subirait un vieillissement prématuré au contact des produits odorants contenus dans le gaz naturel (par exemple le THT ou tétrahydrothiophène) mais de nombreux essais en laboratoire et expériences pratiques permettent de conclure que le facteur de résistance f_{CRt} aux gaz naturels à composition courante, dont le taux de THT est de 20 mg/m, équivaut à 5. Cela signifie que la durée de vie des tubes REPOLEN® est bien supérieure à 50 ans, en considérant une température moyenne annuelle de 20°C.

REPOLEN® est également conforme à la norme ISO 44 37/EN 921 qui prévoit un essai de longue durée en présence des substances qui accompagnent le gaz, sous la forme d’un mélange de décane et de 1-3-5 triméthylbenzène, sous des conditions de 80°C, 2 MPa, ≤20h.

Dans le même ordre d’idée, les pertes de gaz par perméation sont minimales grâce à l’épaisseur des parois des tubes REPOLEN®. En effet, aux dires des fournisseurs de gaz, ces pertes seraient très inférieures à celles des installations conventionnelles, au point de pouvoir être considérées comme nulles quant à leur répercussion économique et écologique.

La mise en œuvre d’une conduite de distribution de gaz sera réalisée, comme pour les autres types d’installation en polyéthylène, selon les méthodes de soudure habituelles (assemblage au moyen de manchons électrosoudables et polyfusion).

Assainissement des conduites de gaz

En substituant le gaz naturel au gaz de ville, nombre des anciennes conduites -par exemple en fer coulé avec manchons calfeutrés- ont perdu leur étanchéité à cause du dessèchement des matériaux des joints. L’introduction en leur intérieur de tubes en polyéthylène (procédé de « relining ») permet d’économiser une grande partie des frais que supposerait la substitution de l’ensemble des conduites. Grâce à leur souplesse, les tubes en polyéthylène sont particulièrement appropriés à la mise en place de cette méthode.

Tubes pour le transport de matières solides

Leur grande résistance à l’usure et à la corrosion et leur faibles pertes de pression ont permis de confirmer les tubes en polyéthylène pour le transport hydraulique de sable prélevé par dragage et dans les usines productrices de quartz, de minéraux en suspension, de béton pompé ou d’explosifs de mine.

Although some years ago it was believed that polyethylene aged prematurely when in contact with the aromatic products included in natural gas (for example, THT or tetrahydrothiophene), numerous tests carried out in laboratories as well as practical experience have lead to the conclusion that its resistance factor, f_{CRt}, when conveying natural gases with a normal composition (20 mg/m of THT), is 5. This means that the life of REPOLEN® pipes is much longer than 50 years, given an average annual temperature of 20ºC.

Also, REPOLEN® complies with ISO 44 37/EN 921, which establishes a long term test with substances that accompany gas, using a mixture of n-decane and 1-3-5 trimethylbenzene at 80ºC and 2 MPa for ≤20 h.

As for gas leaks by permeance, they are minimal due to the thickness of the walls of REPOLEN® pipes and, as shown by the experience of gas companies themselves, as these leaks are much lower than those registered in conventional installations, they are considered negligible from a financial and environmental point of view.

As with other polyethylene installations, the usual welding methods are used to build installations that convey gas: electrowelding couplings and polyfusion.

Maintenance of gas conduits

When town gas was replaced with natural gas, old conduits, such as cast iron, lost their imperviousness as the gas dried up the material of the joints. The cost of inserting polyethylene pipes inside the old pipes (a process called “relining”) is much lower than replacing them completely. Due to their flexibility, polyethylene pipes are especially suitable for this method.

Pipes for conveying solids

Due to their high resistance to wear and corrosion, as well as their low pressure losses, polyethylene pipes are considered to be suitable for hydraulic systems that convey sand extracted by dredging and in quartz mines, as well as minerals in suspension, pumped concrete or mine activation products.

7.- SISTEMAS DE UNIÓN

7.1.- Introducción

Las tuberías del polietileno no se deben pegar ni roscar para unirlas. Existen dos métodos principales para la unión de tuberías:

- Soldadura Socket (polifusión)
- Soldadura con manguitos electrosoldables (electrofusión)
- Soldadura a tope

7.2.- Instrucciones generales

Para estos dos procesos de soldadura, se debe tener en cuenta:

A.- Comprobar que las piezas a unir tienen índices de fluidez similares.

B.- Puesto que, debido al almacenamiento y transporte en forma de rollos de las tuberías REPOLEN® su sección transversal puede resultar ligeramente ovalada, es conveniente pre-calentar las zonas próximas a las embocaduras con aire a 100°C sujetando los extremos a soldar con pinzas de presión circular.

C.- Es importante proteger las zonas de soldadura contra la humedad ambiental o el frío extremo (por debajo de 0°C), para evitar contracciones previas al calentamiento para la fusión.

D.- Puede ser recomendable la protección de la zona de soldadura de la luz solar, pues la exposición por tiempo prolongado puede ocasionar también dilataciones que perjudiquen la buena calidad de la unión.

E.- Las tuberías y accesorios deben adaptarse entre sí en las zonas de unión. Es imprescindible que las primeras se corten perpendicularmente a su eje. Los extremos demasiado achatados de las tuberías deben cortarse.

F.- Conviene también cerrar los extremos opuestos a los de la zona de soldadura si están abiertos, para evitar el paso de aire a través de la tubería que enfríe prematuramente la soldadura.

G.- Antes de efectuar la unión, se deben sanear mecánicamente los extremos de las tuberías, achaflanando un poco los cantos, y eliminando impurezas con un trapo limpio. Esta operación debe realizarse justo antes de soldar. Los elementos calefactores se limpiarán con papel no fibroso y alcohol, antes y después de su uso.

H.- Los elementos calefactores alcanzan la temperatura óptima unos cinco minutos después de su conexión. Su enfriamiento tras el uso, no debe precipitarse con ningún refrigerante.

Requisitos exigibles a los soldadores

La tarea de soldar tuberías debe encargarse a empresas que dispongan de la autorización reconocida que es la norma de trabajo DVGW GW 301. Sus operarios estarán debidamente adiestrados según las normas de trabajo DVGW GW 326 y GW330.

Requisitos para el utillaje

El utillaje para los trabajos de soldadura, debe cumplir la norma DVS 2208 Parte 1.

7.- SYSTÈMES D'ASSEMBLAGE DES TUBES REPOLEN®

7.1.-Introduction

Les tubes en polyéthylène ne peuvent être assemblés ni par collage ni par filetage. Il existe deux méthodes principales d'assemblage des tubes :

- Soudure bout à bout (polyfusion)
- Soudure par manchons électrosoudables (électrofusion)
- Soudure bout à bout

7.2.- Consignes générales

Pour ces deux procédés de soudure, veillez à :

A.- Vérifier que les pièces à assembler possèdent des indices de fluidité similaires.

B.- Comme les tubes REPOLEN® sont stockés et transportés sous forme de couronnes, leur section transversale peut s'avérer légèrement ovalisée; il convient donc de préchauffer les zones à proximité des embouts à l'air chaud de 100°C en tenant les extrémités à souder à l'aide de pinces à pression circulaire.

C.- Il est important de protéger les zones de soudure contre l'humidité ambiante ou le froid extrême (inférieur à 0°C), afin d'éviter des contractions préalables au chauffage par la fusion.

D.- Il est recommandé de protéger la zone de soudure de la lumière solaire, car l'exposition prolongée peut également provoquer des dilatations nuisibles à la bonne qualité de l'assemblage.

E.- Les tubes et accessoires doivent s'adapter entre eux au niveau des zones d'assemblage. Les premiers doivent impérativement être coupés d'équerre. Les extrémités des tubes excessivement aplaties devront être coupées.

F.- Il convient également d'obturer les extrémités opposées à la zone de soudure lorsqu'elles sont ouvertes afin d'éviter que l'air ne traverse le tube et ne refroidisse prématurément la soudure.

G.- Avant de réaliser l'assemblage, usinez les extrémités des tubes en chanfreinant légèrement les bouts et en éliminant les saletés à l'aide d'un chiffon propre. Cette opération doit être effectuée juste avant de souder. Les éléments de chauffage doivent être nettoyés à l'aide de papier non fibreux et d'alcool, avant et après leur utilisation.

H.- Les éléments chauffants atteignent la température optimale environ cinq minutes après leur branchement. Le refroidissement postérieur à leur utilisation ne doit être accéléré artificiellement.

Exigences à l'égard des soudeurs

La soudure des tubes doit être réalisée par des sociétés agréés ayant adopté la norme de travail DVGW GW 301. Leurs travailleurs doivent avoir suivi une formation conforme aux règles de l'art et dans le respect des normes de travail DVGW, GW326 et GW330.

Exigences à l'égard de l'outillage

L'outillage des travaux de soudure doit se conformer à la norme DVS 2208 Partie 1.

7.- JOINING METHODS ELECTROFUSION WELDING

7.1 .-Introduction

Polyethylene pipes must not be glued or screwed together in order to join them.

There are two main methods to join pipes:

- Socket welding (polyfusion)
- Welding with electrowelding couplings (electrofusion)
- Butt welding

7.2.-General instructions

When using these two welding methods, bear the following in mind:

A.- Check that the pieces you are going to join have similar flow rates.

B.- Since, due to the storage and transport of REPOLEN® pipes in rolls their cross-section may become slightly out-of-round, the area around the funnels should be pre-heated with air at 100ºC, holding the ends that are going to be welded together with circular pressure pliers.

C.- It is important to protect the welding areas from humidity or extremely low temperatures (below 0ºC) to prevent contractions before they are heated during the polyfusion process.

D.- It is advisable to protect the welding area from sunlight, as long exposure may also cause thermal expansions that affect the quality of the union.

E.- Pipes and fittings must adapt to each other at the joining areas. It is essential that pipes be cut perpendicularly to their axis. If the ends of the pipes are too oblate, they must be cut off.

F.- If they are open, it is advisable to close the opposite ends, that is, the ones that are not going to be welded together, so as to prevent the air from circulating through the pipe and cooling down the welding prematurely.

G.- Before joining the pieces, their ends must be prepared, by bevelling the edges and removing any impurities with a clean cloth. This operation must be carried out just before the welding. The heating elements must be cleaned with non-fibrous paper and alcohol before and after they are used.

H.- The heating elements reach optimum temperature around five minutes after they are connected. They must not be cooled down quickly using a coolant.

Requirements for welders

The task of welding pipes must be entrusted to companies that have the accredited authorization according to the performance standard DVGW GW 301. The personnel of these companies must be properly trained according to the performance standards DVGW GW 326 and GW 330.

Tooling requirements

The tools for welding works must comply with the DVS 2208 Standard, Part 1.

Soldadura por electrofusión
Soudure par électrofusion
Socket welding

Fig. 52

Soldadura socket
Soudure socket
Socket welding

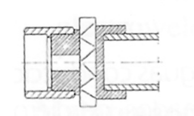


Fig. 53

7.3.- El proceso de polifusión

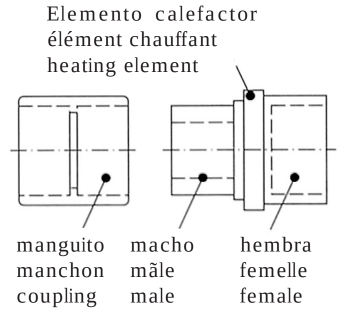
Consiste en unir un tubo y un accesorio, calentando la superficie externa del tubo y la interna del accesorio e introducir el tubo en el accesorio. Al estar las dos superficies en contacto calientes, se produce una fusión del material con arrastre del mismo que garantiza la correcta unión tubo - accesorio.

7.3.- Procédé de polyfusion

Ce procédé consiste à joindre un tube à un raccord en chauffant la surface externe du tube et la surface interne du raccord, avant d'introduire le tube dans le raccord. La mise en contact des deux surfaces chauffées produit une fusion des matériaux avec une résistance à la traction qui garantit le bon assemblage entre le tube et le raccord.

7.3.- Polyfusion welding

Polyfusion welding (socket welding) is a method of joining a pipe and a fitting by heating the external surface of the pipe and the internal surface of the fitting and inserting the pipe into the fitting. Because the two surfaces in contact are hot, their materials fuse and form a bead, ensuring a tight bond between the pipe and the fitting.



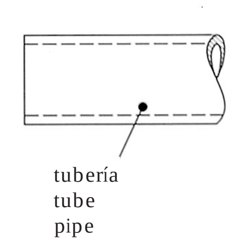


Fig. 54: Preparación
Préparation
Preparation

Fig. 55: Calentamiento
Échauffement
Heating

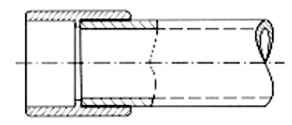


Fig. 56: Enfriamiento. Unión acabada
Refroidissement. Assemblage terminé
Cooling Finished union

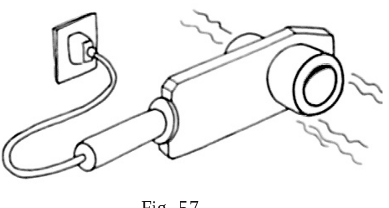
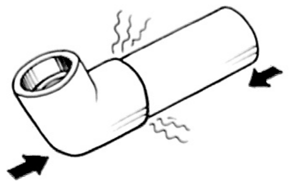




Fig. 57



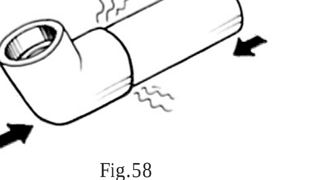


Fig.58

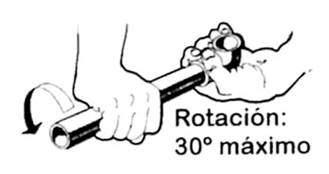


Fig. 59

- Calentar las matrices macho y hembra correspondientes al diámetro de tubo a polifusionar. (La temperatura de las matrices debe estar alrededor de 240ºC)
- Marcar en el tubo la penetración que se ha de conseguir. (según la tabla 18b)
-Introducir al mismo tiempo, el tubo en la matriz hembra y el accesorio en la matriz macho (dependiendo del diámetro, se puede emplear un banco de polifusión, para diámetros grandes, o la máquina de polifusionar manual). Se ha de ir aplicando presión progresivamente hasta llegar a la marca de penetración. Dejarlo calentando el tiempo indicado. (depende del diámetro, ver tabla 18a)
- Sacar tubo y accesorio de las matrices, e introducir el tubo en el accesorio lo más rápidamente posible. (existe un tiempo límite dentro del cual se pueden corregir desviaciones de hasta 30º)
- Mantener la presión necesaria para evitar el retroceso del tubo durante el tiempo de enfriamiento indicado.

Al terminar el proceso, entre el tubo y el accesorio aparecerá un cordón muy similar al de la soldadura a tope, por lo que todas las consideraciones respecto al control visual de la soldadura hechas para la soldadura a tope, son válidas para la fusión por embocadura. (ver apartado 11).

Conviene respetar los tiempos de proceso indicados por el fabricante.

- Chauffer les matrices mâle et femelle correspondant au diamètre de tube à souder par polyfusion. (La température des matrices doit être d'environ 240ºC)
- Marquer sur le tube la profondeur de pénétration requise (suivant le tableau 18b)
- Introduire au même moment, le tube dans la matrice femelle et le raccord dans la matrice mâle (selon le diamètre, il est possible d'utiliser un banc de soudage par polyfusion, pour les gros diamètres, ou la machine à souder par polyfusion manuelle). Appliquer une pression de façon progressive jusqu'à ce que la marque de pénétration soit atteinte. Laisser chauffer le temps indiqué (selon le diamètre, voir tableau 18a).
- Sortir le tube et le raccord des matrices et introduire le tube dans le raccord le plus rapidement possible (il y a un temps limite pendant lequel il est possible de corriger des déviations jusqu'à 30º).
- Maintenir la pression nécessaire pour éviter le retrait du tube pendant le temps de refroidissement indiqué.

À la fin de ce procédé, entre le tube et le raccord se forme un cordon très semblable à ce qui est obtenu par soudage bout à bout. Toutes les considérations relatives au contrôle visuel de la soudure pour le soudage bout à bout sont valables pour la fusion par emboîtement (voir paragraphe 11).

Il est recommandé de respecter les temps de procédé indiqués par le fabricant.

- Heat the correct male and female dies for the diameter of the pipe to be welded (the temperature of the dies should be around 240ºC).
- Mark the depth of insertion on the pipe (see Table 18b).
- Simultaneously insert the pipe end into the female die and the fitting onto the male die (depending on the diameter, a hand-held polyfusion device or a bench-mounted welding machine for large diameters may be used). Push in gradually until the mark is reached. Allow to heat for the period shown for the diameter (see Table 18a).
- Withdraw the pipe and fitting from the dies and insert the pipe into the fitting as quickly as possible (there is a short time limit for correcting misalignments of up to 30º).
- Hold them firmly together to prevent the pipe from shifting during the given cooling time.

At the end of this process a very similar bead to that produced by butt welding will be seen between the pipe and the fitting, so all the considerations concerning visual inspection of butt welded joins also hold true for socket welding (see section 11).

It is advisable to follow the manufacturer's instructions concerning processing times.

1	2	3	4
DIAMETRO EXTERIOR DE LA TUBERIA DIAMÈTRE EXTÉRIEUR DU TUBE OUTER DIAMETER OF THE PIPE	Tiempo de calentamiento PN 20 Temps d'echauffement PN 20 Heating time PN 20	Tiempo de ensamblaje Temps d'assemblage Assembling time	Enfriamiento Refroidissement Cooling
milimetros millimètres millimetres	segundos secondes seconds	segundos secondes seconds	segundos secondes seconds
16	5	4	10
20	5	4	10
25	6	4	15
32	7	6	15
40	10	6	25
50	15	6	25
63	20	8	40
75	25	8	40
90	35	8	50
110	45	10	60
125	50	10	65

Tabla 17: Valores fundamentales para la soldadura de manguitos con elementos calefactores (según DVS 2207, parte 1). Para tubos y accesorios de polietileno de alta densidad, a temperatura ambiente de 20°C y aireación moderada.

Valeurs fondamentales pour la soudure de manchons avec des éléments chauffants (selon DVS 2207, part 1). Pour des tubes et des accessoires de polyéthylène de haute densité, à température ambiante 20°C et aération modérée.

Main values for welding couplings with heating elements (according to DVS 2207, Part 1). For high density polyethylene tubes and fittings at a room temperatures of 20°C and moderate aeration.

TABLA DE PROFUNDIDAD DE TRABAJO EN ACCESORIOS DE PE TABLEAU DE PROFONDEUR DE TRAVAIL DES MACHONS EN PE TABLE OF WORKING DEPTH WITH PE FITTINGS	
TUBO Ø TUBE Ø TUBE Ø	Profundidad tubo = L Profondeur tube = L Tube depth = L
20	14.5
25	16
32	18.1
40	20.5
50	23.5
63	27.5
75	30
90	33
110	37
125	40

L
L
Ø

L=Longitud
L=Longueur
L=Length

ø Diametro acoplamiento
ø Diamètre accouplement
ø Coupling diameter

Tabla 18

7.4.- El proceso de electrofusión

Se emplean accesorios con resistencias eléctricas en su interior que se conectan al equipo adecuado. Al hacer pasar la corriente eléctrica por los accesorios se produce un calentamiento que hace que tubo y accesorio se suelden. Es muy importante seguir las indicaciones de tiempos y temperaturas del fabricante.

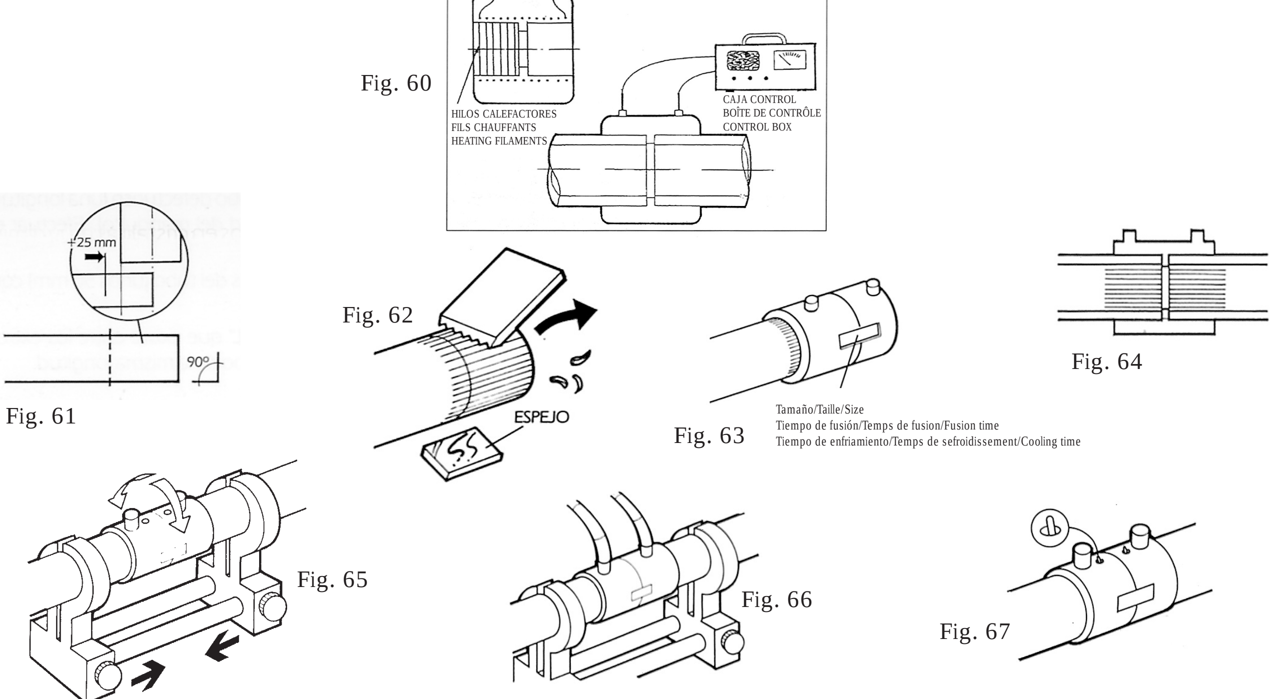


Fig. 60

Fig. 61

Fig. 62

Fig. 63

Fig. 64

Fig. 65

Fig. 66

Fig. 67

- Cortar perpendicularmente los extremos de los tubos a unir.
- Limpiar con un trapo (limpio) los extremos de los tubos (unos 500 mm.).
- Con el accesorio (sin sacar de la bolsa para evitar suciedades), marcar la longitud del tubo a rascar (mitad de la longitud del accesorio más unos 25 mm.).
- En el supuesto que el accesorio se ensuciase, no limpiarlo nunca mecánicamente para no dañar las resistencias eléctricas.
- Con un raspador, rascar la superficie marcada de los extremos de los tubos. No usar lija ni tela esmeril. Se trata de eliminar una capa superficial del tubo.
- Todas las superficies a unir (tubos y accesorio) han de estar completamente secas antes de proceder a la soldadura.
- No tocar las superficies del tubo con las manos para evitar contaminación con la grasa corporal que dificultaría la soldadura.
- Meter los tubos en el accesorio y colocar el alineador.
- Mover el accesorio para comprobar que los tubos están bien alineados.
- Comprobar que los tubos se han introducido hasta el tope y apretar el alineador.
- Asegurarse que la corriente eléctrica está estabilizada a 220 ± 1%V y la frecuencia es de 50 Hz.
- Quitar los tapones de protección de los terminales del accesorio y conectar los cables.
- Es conveniente utilizar máquinas automáticas que directamente realizan la lectura del tipo de accesorio a soldar y aplican directamente los tiempos necesarios.
- En caso de que la máquina no sea automática, leer el tiempo de soldadura indicado en el accesorio e introducir este valor en la máquina. Asegurarse que salen los testigos cuando ha terminado la soldadura.
- Cuando este tiempo termine, se pueden quitar los cables, pero no el alineador, que hay que mantener hasta que la unión esté completamente fría.

7.4.- Procédé d'électrofusion

Ce procédé utilise des raccords avec des résistances électriques intégrées qui se connectent à l'équipement approprié. Le passage du courant électrique dans les raccords génère un échauffement qui soude le tube et le raccord. Il est très important de respecter les indications de temps et température du fabricant.

- Couper perpendiculairement les extrémités des tubes à joindre.
- Nettoyer avec un chiffon (propre) les extrémités des tubes (approx. 500 mm)
- Avec le raccord, sans le sortir du sac pour éviter les saletés, mesurer et marquer la longueur de tube à gratter (moitié de la longueur du raccord plus 25 mm)
- Au cas où le raccord se salirait, ne jamais le nettoyer mécaniquement afin de ne pas endommager les résistances électriques.
- Gratter la surface marquée des extrémités des tubes avec un racloir. Ne pas utiliser de papier de verre, ni de toile émeri. Il s'agit d'enlever une couche superficielle du tube.
- Toutes les surfaces à joindre (tubes et raccord) doivent être parfaitement sèches avant de commencer la soudure.
- Ne pas toucher les surfaces du tube avec les mains pour éviter toute contamination avec de la graisse corporelle qui gênerait l'opération de soudage.
- Introduire les tubes dans le raccord et mettre le positionneur (alignement) en place
- Déplacer le raccord pour vérifier que les tubes sont bien alignés
- Vérifier que les tubes sont introduits jusqu'au cran de butée et appuyer le positionneur
- S'assurer que le courant électrique est de 220 + 1 % V avec une fréquence de 50 Hz
- Retirer les bouchons de protection des parties terminales du raccord et connecter les câbles
- Il est bon d'utiliser des machines automatiques qui effectuent directement la lecture du type de raccord à souder et appliquent directement les temps requis par le procédé.
- Au cas où la machine ne serait pas automatique, lire le temps de soudage indiqué sur le raccord et saisir cette valeur dans la machine. S'assurer que les témoins sont retirés une fois la soudure terminée.
- Ce temps écoulé, retirer les câbles mais pas le positionneur qui doit rester en place jusqu'au refroidissement complet de l'assemblage.

7.4.- Electrofusion welding

Electrowelding uses fittings containing electrical resistances that are connected up to suitable equipment. When the electric current is passed through the fitting it produces heat, welding the pipe and fitting together. It is very important to follow the manufacturer's instructions on temperature and time.

- Cut squarely across the ends of the pipes to be joined.
- Clean about 500 mm (20 inches) of the pipe ends with a clean cloth.
- Use the fitting (without taking it out of its bag, to prevent it getting dirty) to measure the length of pipe to be scraped (half the length of the fitting plus around 25 mm or 1 inch).
- If the fitting gets dirty, never use mechanical cleaning methods as these could damage the electrical resistances.
- Use a scraper to scrape the marked area of the pipe ends. Do not use a file or sandpaper: the purpose is to shave off a surface layer of the pipe.
- All the surfaces to be joined (pipes and fittings) must be completely dry before welding.
- To prevent imperfect welds due to body oil contamination, do not touch the pipe surfaces with bare hands.
- Place the pipes in the fitting and fix the alignment clamps.
- Move the fitting to check that the pipes are properly aligned.
- Check that the tubes have been inserted up to the mark and tighten the alignment clamps.
- Ensure that the electricity is stable at 220 ± 1% V and the frequency is 50 Hz.
- Remove the caps that protect the fitting terminals and connect the cables.
- It is advisable to use automatic machines as they scan the type of fitting to be welded and apply the correct timing automatically.
- When the machine is not automatic, read the welding time marked on the fitting and enter this figure into the machine. Check that the indicators appear at the end of the fusion time.
- At this point the cables may be removed but the alignment clamps must not be removed until the joint is completely cold.

7.5.- El proceso de soldadura a tope

Se emplea preferiblemente a partir de diámetros mayores de 90 mm. y espesores superiores a 5 mm.

Consiste en calentar los dos extremos de los tubos a unir con una placa calefactora (para PE-80, 210 ± 5ºC y para PE-100 , 225 ± 5ºC) y a continuación unirlos mediante presión.

Es muy conveniente utilizar máquinas automáticas, las cuales dándoles los datos necesarios de los tubos a unir, aplicarán de forma automática los tiempos y presiones necesarios en cada fase del proceso.

7.5.- Procédé de soudage bout à bout

Ce procédé est à employer de préférence pour des tubes ayant un diamètre de plus de 90 mm et une épaisseur supérieure à 5 mm. Il consiste à chauffer les deux extrémités des tubes à assembler à l'aide d'une plaque chauffante (pour PE-80, 210 + 5ºC et pour PE-100, 225 + 5ºC) et de les joindre en appliquant une pression.

Il est recommandé d'utiliser des machines automatiques, avec les données nécessaires concernant les tubes à joindre, qui appliquent de façon automatique les temps et pressions requis pour chaque phase du procédé.

7.5.- Butt welding

This process is preferably used for diameters greater than 90 mm (3.5433 inches) and thicknesses over 5 mm (0.1969 inches).

It consists of heating the ends of the two pipes to be joined, using a heating plate (210 ± 5ºC for PE-80 and 225 ± 5ºC for PE-100), then pressing them together.

The use of automatic machines is highly recommended as once the necessary information on the pipes to be joined has been entered, they automatically apply the pressure and timing required for each stage of the process.

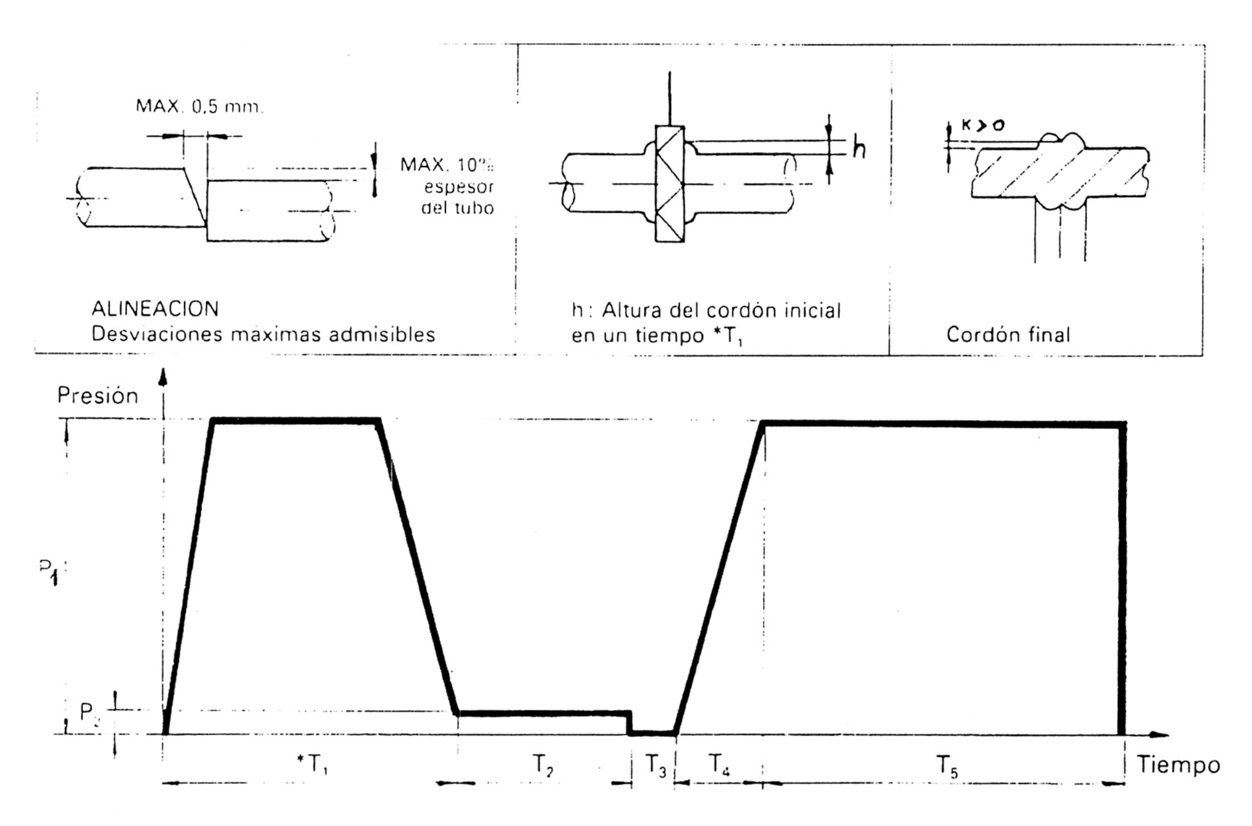


Fig. 68 - Soldadura a tope

Leyenda:

P_1	es la Presión del sistema hidráulico (manómetro en bar). (Véase la tabla de la máquina de soldar)
P_k	es la Presión de soldadura prefijada: 1,5 bar
P_2	es la Presión en el tiempo de calentamiento: P_2 = 0,2 bar = 10% P_1
$*T_1$	es el Tiempo para la formación del cordón inicial de altura h
T_2	es el Tiempo de calentamiento en segundos
T_3	es el Tiempo de retirar placa en segundos
T_4	es el Tiempo para alcanzar la presión de soldadura en segundos, $T_3 = T_4$ = 6 s
T_5	es el Tiempo de enfriamiento en minutos, T_5 =1,2 s x espesor (PE 100), 1,5 s x espesor (PE 80)

El proceso es el siguiente:

- Colocar y alinear los tubos a unir.
- Refrentar los tubos hasta conseguir una superficie transversal de los dos tubos totalmente limpia y recta.
- Retirar el refrentador y la viruta sin tocar las superficies a unir.
- Controlar el paralelismo de las superficies a unir confrontando los tubos. Evitar desalineaciones superiores al 10% del espesor del tubo.
- Limpiar las caras de la placa calefactora.
- La máquina apretará los tubos contra la placa calefactora un tiempo con presión hasta la formación de un cordón inicial uniforme y de una altura h (ver figuras).
- A continuación se reduce la presión durante la fase de calentamiento.
- Pasado este tiempo, se retiran los tubos de la placa calefactora y se quita ésta lo más rápido posible.
- Se presionan los tubos uno contra otro, aumentando progresivamente la presión hasta el valor deseado y se mantiene esta presión durante el tiempo que requiera la soldadura.
- Se deja enfriar la soldadura en esta posición.
- Cuando la soldadura esté fría, se retira la máquina y se comprueba visualmente el cordón obtenido.

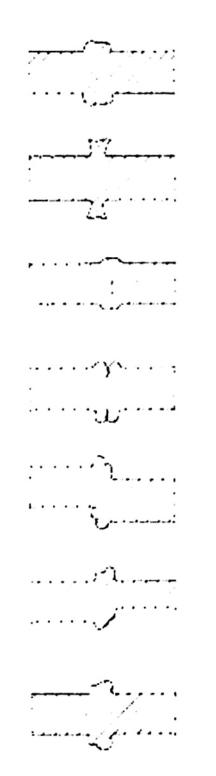
Les différentes étapes du procédé sont les suivantes :

- Placer et aligner les tubes à joindre
- Détourer les tubes jusqu'à obtenir une surface transversale de deux tubes tout à fait propre et droite
- Retirer l'outil de détourage et les copeaux sans toucher les surfaces à joindre
- Contrôler le parallélisme des surfaces à joindre en mettant les tubes bout à bout. Éviter les désalignements correspondant à plus de 10% de l'épaisseur du tube
- Nettoyer les faces de la plaque chauffante
- La machine appuie les tubes contre la plaque chauffante, exerçant une pression jusqu'à la formation d'un cordon initial uniforme d'une hauteur h (voir figures)
- Réduire la pression pendant la phase de chauffage
- Puis, retirer les tubes de la plaque chauffante et retirer celle-ci le plus rapidement possible.
- Appuyer les tubes l'un contre l'autre, en augmentant progressivement la pression jusqu'à la valeur désirée et maintenir cette pression pendant le temps requis pour la soudure.
- Laisser refroidir la soudure dans cette position.
- Quand la soudure est froide, retirer la machine et contrôler visuellement le cordon de soudure obtenu.

The procedure is as follows:

- Clamp and align the pipes to be joined.
- Trim the pipe ends to achieve a totally clean, straight cross-section at the end of both pipes.
- Remove the cutter and the shavings without touching the surfaces to be welded.
- Match the pipes and check that the surfaces to be joined are parallel to each other. Avoid misalignments greater than 10% of the thickness of the pipe.
- Clean the faces of the heating plate.
- The machine will press the tubes against the heating plate under pressure until the initial bead has formed uniformly to height h (see figures).
- The pressure will then be reduced during the heat soak stage.
- As soon as this time has elapsed, separate the pipes from the heating plate and remove it as quickly as possible.
- Press the pipes against each other, gradually increasing the pressure to the required fusion pressure, and maintain this pressure for the length of time required for the weld to set.
- Allow the weld to cool in this position.
- When it is cold, remove from the machine and visually check the bead obtained.

Fig. 69



1.- Soldadura correcta
Cordón redondeado

2.- El cordón es demasiado estrecho y alto
Exceso de presión

3.- El cordón es muy pequeño
Presión insuficiente

4.- Una hendidura profunda en el centro del cordón
Temperatura insuficiente o tiempo de transición demasiado largo

5.- Desalineamiento
La desviación máxima permitida es del 10% del espesor de pared

6.- Diferentes espesores de pared
Se recomienda utilizar accesorios electrosoldables

7.- Los materiales tienen diferentes temperaturas de fusión

8.- INDICACIONES PARA EL USO

Para mantener las características y cualidades del REPOLEN® en el tiempo, es recomendable respetar rigurosamente las siguientes advertencias:

1.- No someter el tubo a la llama del soplete con objeto de obtener curvas o saltos, la temperatura es desigual y se destruye la estructura molecular, perdiendo sus cualidades. Los tubos pueden ser curvados en frío hasta un ángulo de 90°. El radio de la curvatura no ha de ser inferior a 8 veces el diámetro del tubo.

Para radios de curvatura inferiores, utilizar calefactores de aire caliente, actuando sobre las zonas a modificar.

2.- No utilizar tapones cónicos de fundición o roscas no calibradas, en los terminales hembra. Para una buena estanqueidad puede utilizarse cinta de teflón, cáñamo u otros en cantidades justas.

3.- No utilizar nunca tubos con incisiones o roturas evidentes.

4.- Hacer uso del nivel REPOLEN® para dejar los puntos de acoplamiento a las distancias estándar apropiadas.

5.- Durante las soldaduras, evitar corrientes de aire para impedir tensiones no deseadas. Es aconsejable el uso de manguitos eléctricos a temperaturas bajas.

8.- CONSIGNES D'UTILISATION

Pour conserver les caractéristiques et les qualités des tubes REPOLEN® au cours du temps, nous vous conseillons de respecter rigoureusement les observations suivantes:

1.- N'exposez pas le tube à la flamme du chalumeau pour obtenir des courbures ou des tracés particuliers, car les inégalités de température détruisent la structure moléculaire et annulent les qualités du tube. Les tubes peuvent être courbés à froid jusqu'à un angle de 90º. Le rayon de courbure ne doit pas être inférieur à 8 fois le diamètre du tube.

Pour des rayons de courbure inférieurs, utilisez des chauffages d'air chaud sur les zones à modifier.

2.- N'utilisez pas de bouchons coniques de fonderie ni de bouchons à vis non calibrés dans les terminaisons femelles. Afin de garantir une bonne étanchéité vous pouvez utiliser des bandes de téflon, de chanvre ou autres en quantités justes.

3.- Ne jamais utiliser de tubes présentant des entailles ou des fissures évidentes.

4.- Utilisez le positionneur REPOLEN® pour laisser les points de raccord aux distances standard appropriées.

5.- Au cours des soudures, évitez tout courant d'air pouvant provoquer des contraintes non souhaitées. Il est conseillé d'utiliser des manchons électriques aux températures basses.

8.- UTILISATION INSTRUCTIONS

In order to maintain the properties and qualities of REPOLEN® over time, we strongly recommend following these instructions:

1 .- Do not subject the tube to the flame of a blowpipe in order to create bends or drops, the temperature is uneven and as the molecular structure of the material is destroyed, it loses its properties. Tubes can be bent when cold up to a 90° angle. The radius of the bend must be smaller than 8 times the diameter of the tube.

For a smaller bend radius, use hot air heaters, applying hot air to the area to be modified.

2.- Do not use conical thermal fusion caps or uncalibrated threads at the female ends. Teflon tape, hemp or other materials in the right quantities may be used for complete sealing.

3.- Never use pipes with visible cuts or cracks.

4.- Use REPOLEN® level to place assembly points at the appropriate standard intervals.

5.- When welding, avoid drafts to prevent unwanted stresses. It is advisable to use electric couplings at low temperatures.

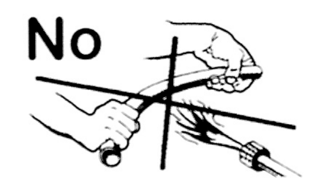


Fig. 70

Rotación: 30° máximo
Rotation: 30° maximum
Rotation: 30º maximum

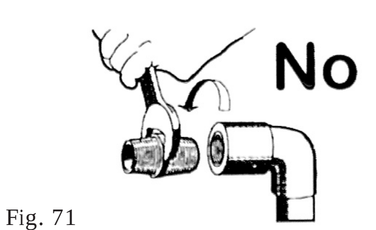


Fig. 71

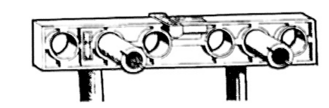


Fig. 72



9.- PRUEBAS DE INSTALACIÓN Y SEGURIDAD REPOLEN®

PRUEBAS DE INSTALACIÓN

Comprobaciones que deben llevarse a cabo al terminar una instalación:

Asegúrese de que la instalación está en buen estado, sin tensiones o roturas casuales. Las pruebas deben realizarse en secciones de no más de 100 metros lineales. En consecuencia, secciones superiores deben dividirse en otras menores de 100 metros lineales. Asimismo deben realizarse con agua limpia a la temperatura del ambiente. Colocar la bomba en la parte más baja de la instalación.

El test preliminar debe realizarse a 20 kg/cm^2 durante una (1) hora, eliminando el aire de la instalación en la mayor medida posible. En cualquier caso, en función de la presión de servicio la prueba se realizará a una presión superior en una vez y media.

Bajar hasta la presión de servicio (mínimo 6 kg/cm^2) y durante 15 minutos la presión debe mantenerse constante.

La instalación debe tener todas sus partes perfectamente apretadas y aseguradas. Una vez realizadas estas pruebas conviene vaciar la instalación, especialmente en aquellas zonas donde se den con facilidad temperaturas por debajo de 0°C.

SEGURIDAD REPOLEN®

“Queda totalmente prohibido, según la Normativa vigente, el mecanizado y roscado de piezas termoplásticas sobre sí mismas, debido a la falta de garantía que ofrece su ajuste, así como el imprevisto comportamiento ante la presión o temperatura de los fluidos que se deben transportar”.

9.- ESSAIS DE POSE ET DE SÉCURITÉ REPOLEN®

ESSAIS DE POSE

Vérifications à réaliser après chaque pose:

Vérifiez que l’installation soit en bon état, sans tensions ni ruptures accidentelles. Chaque essai doit être effectué sur un tronçon d’une longueur maximum de 100 mètres linéaires. En conséquence, en présence de tronçons d’une longueur supérieure veillez à les sélectionner de manière à respecter les conditions citées.

Les essais doivent être réalisés avec de l’eau propre à température ambiante. Placez la pompe sur la partie la plus basse de l’infrastructure.

L’essai préalable doit être effectué à 20 Kg/cm^2 pendant une (1) heure, pour éliminer l’air de l’installation dans la mesure du possible. Dans tous les cas, la pression d’essai doit être une fois et demie supérieure à la pression de service.

Réduire la pression de service (minimum 6kg/cm2) et maintenir la pression constante pendant 15 minutes.

Toutes les parties de l’installation doivent être parfaitement serrées et assurées. Après avoir effectué ces essais, videz l’installation, en particulier les zones qui enregistrent fréquemment des températures inférieures à 0°C.

SÉCURITÉ REPOLEN®

« Il est strictement interdit, conformément à la réglementation en vigueur, d’usiner et de fileter des pièces thermoplastiques sur elles-mêmes, du fait de l’absence de garantie concernant leur ajustement et le comportement imprévu face à la pression ou à la température des fluides qu’ils doivent transporter ».

9.- REPOLEN® INSTALLATION AND SAFETY TESTS

INSTALLATION TESTS

Checks that must be carried out once an installation is completed:

Check that the installation is in good condition, with no accidental stresses or fractures. The tests must be carried out in sections of no more than 100 linear meters each. Therefore, if there are larger sections, they must be divided into no longer than 100 linear meters.

Tests must be carried out with clean water at ambient temperature. Place the pump at the lowest point of the installation.

The preliminary test must be carried out at 20 kg/cm^2 for one (1) hour, eliminating the air inside the installation as much as possible. In any case, depending on the operating pressure, the test must be carried out at a pressure 1.5 times higher.

Drop to the working pressure (minimum 6 Kg/cm2 (85.34 PSI). The pressure should remain constant for 15 minutes.

The installation must have all its parts perfectly tightened and fastened. Once these tests have been completed, it is advisable to empty the installation, especially those areas where temperatures are easily below 0 °C.

REPOLEN® SAFETY

"According to current regulations, the mechanization of thermoplastic pieces and rotating one to another is totally forbidden, due to the unreliability of this method and the unpredictable behaviour under pressure or temperature changes of the fluids they must convey."

10.- GARANTÍA DEL SISTEMA REPOLEN®

El sistema REPOLEN®, empleado en instalaciones hidrosanitarias, siguiendo las directrices indicadas en el manual técnico, está cubierto por una póliza de seguros contratada por REBOCA, S. L., TRANSFORMADOS PLÁSTICOS, con la Compañía Plus Ultra; Póliza nº 65.132.771 por valor de 1.202.024,21¤.

LAS CONDICIONES OUE REGULAN ESTA GARANTÍA SON:

Enviar dentro de los 10 días siguientes, a la terminación de la instalación, el resguardo de garantía.

Los tubos y racores, deben estar instalados siguiendo las instrucciones, advertencias y recomendaciones contenidas, en el Manual Técnico REPOLEN®

Los tubos y racores deben ser exclusivamente REPOLEN®.

La cobertura del seguro será de 10 años, desde la fecha de producción marcada en el tubo, dentro de este tiempo resarciremos daños hasta el límite de 1.202.024,21¤, causados a cosas o personas, provocados por la rotura del tubo o racor REPOLEN® con defectos de fabricación.

LA GARANTÍA NO ES VALIDA EN LOS SIGUIENTES CASOS:

- Unión del tubo y del racor, con fuente de calor, con límite de la temperatura y la presión, aunque sea accidental, no compatible con las características del material empleado con el sistema REPOLEN®.

- No observar las instrucciones de empleo, advertencias y recomendaciones, indicadas en el Manual Técnico REPOLEN®

- Utilización de materiales, evidentemente defectuosos (tubo y racores con fisuras, etc.).

- Utilización para la ejecución de la instalación, de componentes no fabricados por REPOLEN® / REBOCA, S. L.

- Soldadura realizada de modo equivocado o defectuosa a causa de la utilización de accesorios no idóneos.

INSTRUCCIONES PARA RECLAMAR LA INTERVENCIÓN DE LA GARANTÍA

En la eventualidad de un daño imputable al tubo o accesorio, y sólo por las causas precedentemente descritas, deberá comunicar, a través de carta Certificada a REBOCA, S. L. el tipo de daño y enviar el trozo de tubo o el racor dañado, así como copia del Certificado de Garantía, que debe contener:

- Lugar y fecha de la Instalación.

- Nombre y dirección del Instalador.

- Fecha de la producción marcada en el tubo.

Después de recibido lo anterior, en nuestra compañía, dentro de un término razonable, nuestra sociedad realizará las necesarias gestiones y trasladará la documentación recibida a la compañía de seguros.

Cualquier pago efectuado por REBOCA, S.L. para realizar los trámites con la compañía aseguradora, serán adeudados al reclamante, si los motivos de la rotura no son los previstos dentro de la garantía.

10.- GARANTIE DU SYSTÉME REPOLEN®

Le Système REPOLEN® employé dans les installations hydrosanitaires, selon les directives indiquées dans le manuel technique, est protégé par une police d'assurances contractée par REBOCA, S.L., TRANSFORMADOS PLÁSTICOS, auprés de la "Compañía PLUS ULTRA; Police nº: 65.132.771 de 1.202.024,21¤.

LES CONDITIONS QUI RÉGISSENT CETTE GARANTIE SONT:

Renvoyer, dans les 10 jours qui suivent la fin de l'installation, le récépissé du certificat de garantie.

Les tuyaux et raccords doivent être installés conformément aux instructions, avertissements et recommandations contenus dans le Manuel Technique REPOLEN®.

Les tuyaux et raccords doivent être exclusivement REPOLEN®.

La couverture de l'assurance sera de 10 ans, à partir de la date de production inscrite sur le tuyau, pendant ces dix années, seront dédommagés, les préjudices causés à des choses ou à des personnes et provoqués par la rupture de tuyau ou de raccord REPOLEN® ayant des défauts de fabrication, et ce jusqu'à la limite de 1.202.024,21¤.

LA GARANTIE N'EST PAS VALABLE DANS LES CAS SUIVANTS:

Si l'union du tuyau et du raccord a été faite avec une source de chaleur, avec une limite de température et de pression, même accidentelle, non compatible avec les caractéristiques du matériau employé dans le système REPOLEN®.

Si le mode d'emploi, les avertissements et les recommandations indiqués dans le Manuel technique REPOLEN®, n'ont pas été respectés.

L'emploi de matériaux manifestement défectueux (tuyau et raccords fissurés, etc.).

L'utilisation, pour l'exécution de l'installation, de composants non fabriqués par REPOLEN® / REBOCA, S.L.

Si une soudure a été mal faite ou si celle-ci est défectueuse par l'utilisation d'accessoires incorrects.

INSTRUCTIONS À SUIVRE POUR RÉCLAMER L'INTERVENTION DE LA GARANTIE:

En cas de dommage, imputable au tuyau ou à l'accessoire, et seulement pour les causes décrites précédemment, vous devrez communiquer par Lettre Recommandée adressée à REBOCA S.L., le type de dommage et envoyer le tronçon de tuyau ou le raccord endommagé, ainsi qu'une copie du Certificat de Garantie avec les indications suivantes:

- Lieu et date de l'Installation.

- Nom et adresse de l'Installateur.

- Date de la production marquée sur le tuyau.

À réception, notre compagnie, dans un délai raisonnable, notre société effectuera les démarches nécessaires et transmettra la documentation reçue à la compagnie d'assurances.

Tout paiement effectué par REBOCA, S.L. pour réaliser les formalités auprès de la compagnie d'assurances sera porté au débit du réclamant, si les causes de la rupture ne sont pas celles prévues dans la garantie.

10.- REPOLEN® SYSTEM GUARANTEE

The REPOLEN® system for water and sanitary installations, provided that it is used in accordance with the instructions given in the Technical Manual, is covered by an insurance policy agreed between REBOCA, S.L., TRANSFORMADOS PLÁSTICOS and the company PLUS ULTRA; policy number: 65.132.771 , to a value of 1,202,024.21¤.

THE CONDITIONS GOVERNING THIS GUARANTEE ARE:

To send the guarantee certificate within 10 days of completing the installation.

The pipes and connections must be installed in accordance with the instructions, warnings and recommendations contained in the REPOLEN® Technical Manual.

All pipes and connections must be exclusively REPOLEN® pipes and connections.

Insurance coverage will apply for ten years from the production date marked on the pipe. Within this period of time we shall compensate for any damages to people or things caused by the breakage of any faulty REPOLEN® pipe or connection up to a limit of 1,202,024.21 ¤.

THE GUARANTEE IS INVALID IN THE FOLLOWING CASES:

- The joining of the pipe and connection, even though accidental, with a source of heat that has a temperature and pressure incompatible with the characteristics of the material used in the REPOLEN® system.

- Ignoring the instructions, warnings and recommendations given in the REPOLEN® Technical Manual.

- Using clearly defective materials (split pipes or connections, etc).

- Using components not manufactured by REPOLEN® / REBOCA, S.L. in the installation.

- Bad or defective welding due to inappropriate fittings.

INSTRUCTIONS FOR CLAIMING ON THE GUARANTEE

Should damages be due to a pipe or fitting, bearing in mind the above mentioned exceptions; a registered letter should be sent to REBOCA, S.L. describing the type of damage caused. A piece of the damaged pipe or connection should also be sent as well as the Guarantee certificate, containing:

-The place and date of installation.

-The name and address of the installer.

-The production date marked on the pipe.

Having received this, within a reasonable period of time, our company shall undertake all the necessary procedures and send the received documentation to the insurance company.

Should the reasons for the breakage not be any of those covered by the guarantee, any expense caused to REBOCA, S.L. in this dealings with the insurance company will be met by the claimant.

CONTROL DE CALIDAD - CONTRÔLE DE QUALITÉ - QUALITY CONTROL

El sistema de tubos y accesorios REPOLEN está sometido, en todas las fases de su producción, a rigurosos controles de calidad, tales como:

- Idoneidad de la materia prima
- Aspectos y características dimensionales de los productos acabados
- Resistencia de la termo-oxidación
- Ausencia de tensiones residuales

Estos controles contínuos son seguidos en el tiempo y en los modos indicados por AENOR según contrato 001/302 bajo la norma UNE 53-966

Se están adecuando los procedimientos para verificar también su respuesta a las indicaciones del sistema estándar europeo prEN 12201

Le système tubes et accessoires REPOLEN est soumis, dans toutes les phases de sa production, à de rigoureux contrôles de qualité, comme:

- Aptitude de la matière première
- Aspects et caractéristiques dimensionnelles des produits finis
- Résistance de la termo-oxidation
- Absence de tensions résiduelles

Ces contrôles continus sont suivis dans le temps et dans les manières indiquées par AENOR comme contrat 001/302 sous la norme UNIT 53-966

Les procédures s'adaptent pour vérifier aussi leur réponse aux indications du système standard européen prEN 12201

The REPOLEN system of pipes and fittings is subjected to, throughout all production stages, thorough quality controls, such as:

- Suitability of the raw material
- properties and dimensions of the finished products
- Resistance to thermal oxidation
- Absence of residual stresses

These continous controls follow the times and methods indicated by AENOR in contract no. 001/302 and according to the UNE 53-966 standard.

The pocedures are being adapted to ensure that they also comply with the provisions of the European standard system prEN 12201.

CREDENCIALES/CREDENTIALS



Y
ET
AND



SON MARCAS REGISTRADAS
REGISTERED TRADEMARKS





NOTAS

REPOLEN®

PRODUCTO FABRICADO Y DISTRIBUIDO POR







UNE EN ISO 9002

Clariano, 6. 46850 L'Ollería (Valencia-España)
Tlf: 34 96 220 02 98 Fax: 34 96 220 00 13
e-mail: reboca@reboca.com

www.reboca.com